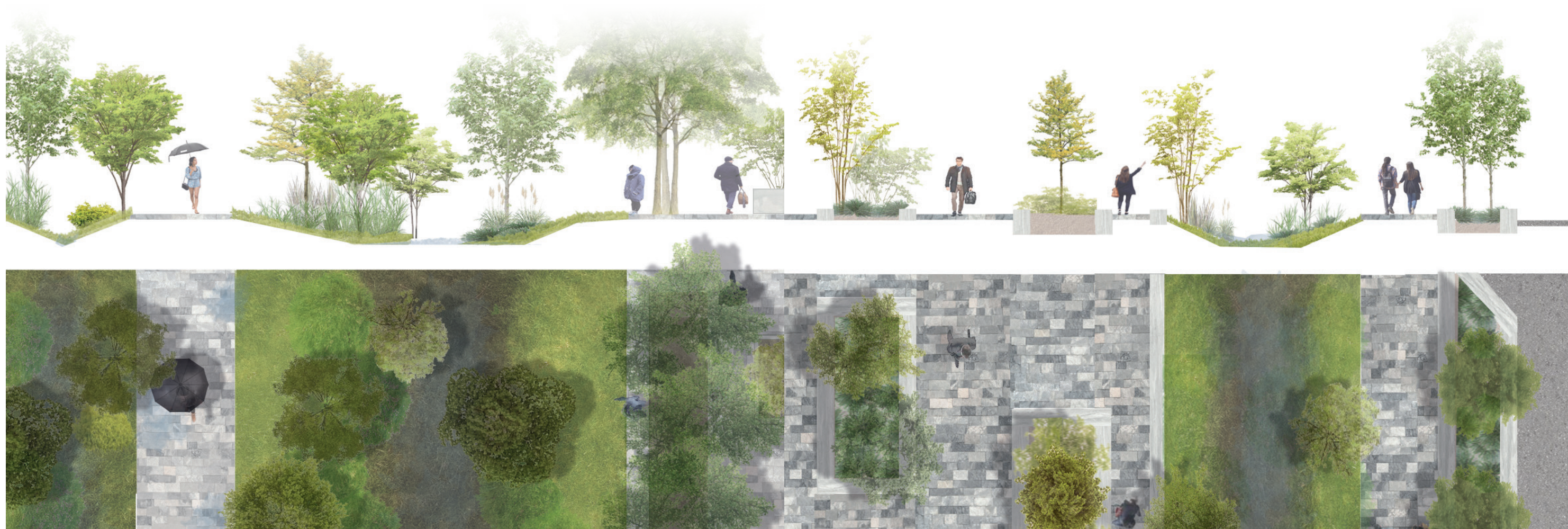


## ÖPPNA DAGVATTENSYSTEM - Som komponent för hållbar stadsutveckling



**Titel** Öppna dagvattensystem - som komponent för hållbar stadsutveckling  
**Titel engelska** Open storm water treatment - as a component for sustianble city development  
Jacob Brobeck

**Handledare:** Mats Gyllin, SLU, institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi  
**Examinator:** Tobias Emilsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning  
**Biträdande examinator:** Anders Westin, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** A2E  
**Kurestitel:** Masterproject in Landscape architecture  
**Kurskod:** EX0814  
**Program:** Landscape architecture masters program

**Utgivningsort:** Alnarp  
**Utgivningsår:** 2018  
**Omslagsbild:** Jacob Brobeck  
**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Format:** Alla sidor liggande A3  
**Illustrationer:** Samtliga illustrationer av författaren om inget annat nämns

**Nyckelord:** Öppen dagvattenhantering, Öppna dagvattensystem, Hållbar dagvattenhantering, Hållbar stadsutveckling, Landskapsarkitektur

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning



# Förord

---

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Mats Gyllin, som under arbetet alltid funnits tillgänglig för goda råd och samtal.

Tack också till Kent Fridell för konsultation kring dagvattenfrågor samt tillhandahållande av litteratur.

Tack till Pär Svensson på Malmö stad som försett mig med underlag samt goda råd.

Tack till Anders Folkesson för konsultation under gestaltningsförslaget

Jag vill även rikta ett stort tack till kollegorna på Sigma Civil, Malmö som bidragit till en trevlig och inspirerande miljö att vistas i under skrivandet.

# Sammandrag

---

Det finns en negativ trend inom stadsutveckling som innebär bortprioriterande av naturlika områden till fördel för typiska stadsstrukturer. Ett människocentrerat tankesätt utger ramen för den utpräglade staden, där ogenomträngbara markmaterial pryder marken. Till följd sker ett avbrytande av vattnets naturliga kretslopp och skapar ett bestående problem gällande hur vattnet i staden hanteras. Marköversvämningar, vattenföroreningar och i värsta fall allvarlig skada på stadens infrastruktur är återkommande till följd av städers typiska dagvattenhantering. Öppna dagvattensystem presenteras ofta som en lösning på den negativa trenden. Istället för konventionella lösningar efterliknar öppna dagvattensystem vattnets naturliga kretslopp och

medför mervärden som gör staden mer hållbar ur ett socialt, ekologiskt och ekonomiskt perspektiv

I arbetet utreds hurvida öppna dagvattensystem kan fungera som komponent för en hållbar stadsutveckling. Arbetet är uppdelat i en teoretisk och en praktisk del.

Kapitel 1 består av en litteraturstudie som syftar till att presentera en bild av hur problemet uppstått samt huruvida öppna dagvattensystem kan vara en lösning på problemet. Efter en övertygelse om potentialen av hållbarhet och öppna dagvattensystem följer ett resonemang kring definitionen av ordet utveckling. Slutsat-

sen av litteraturstudien i kapitel ett är att öppna dagvattensystems förmåga att bidra till hållbar utveckling grundas i att stoppa den negativa trenden genom att implementera öppna dagvattensystem i nybebyggelse samtidigt som insatser måste göras i befintlig bebyggelse där problem redan finns.

Kapitel 2 består av en undersökning av öppna dagvattensystem ur ett praktiskt perspektiv genom en omgestaltning i befintlig bebyggelse med erkänd problematik gällande dagvattenhantering. Målet med omgestaltningen är att ge en djupare förståelse för öppna dagvattensystem, och samtidigt fungera som underlag för att ge svar

på hurvida öppna dagvattensystem kan fungera som komponent i en hållbar stadsutveckling. I kapitel 3 förs avslutningsvis en diskussion kring resultatet av litteraturstudien och gestaltningen där reflektioner ger svar på hurvida öppna dagvattensystem kan fungera som en komponent för en hållbar stadsutveckling.



# Abstract

---

There is a negative trend in urban development, where natural areas are being eliminated in favour of typical urban structures. A human-centric mindset sets the framework for the generic city where impermeable surfaces adorn the ground. As a consequence, the interruption of the natural cycle of water causes a consistent problem of how the water in the city is handled. Flooding, water pollution and in worst case serious damage to the city's infrastructure are recurring due to the typical water treatment in cities.

Open storm water treatments are often presented as a solution to the negative trend. Instead of conventional solutions, open storm water treatment imitates the natural cycle of water, bringing added values that makes the city more sustaina-

ble, socially, ecologically and economically.

This thesis investigates whether open storm water treatment can serve as a component for sustainable urban development. The work is divided into a theoretical and practical approach.

In Chapter 1, a literature study presents a picture of how the problem has arisen and how Open storm water treatment could be a part of the solution. Following a conviction of the potential of sustainability and open storm water treatment the author is forced to argue about the word development. The author believes, in the light of the literature study that open storm water treatment could contribute to a sustainable development if

ending the negative trend by implementing open storm water treatment by new exploitation while efforts must be made in existing areas where the problem already exists.

In Chapter 2, the author investigates open storm water treatment from a practical embodiment through a design in an existing area with recognized problems regarding storm water management. The aim of the design is to provide a deeper understanding of open storm water treatment, while providing the basis to give answers to how open storm water treatment can serve as a component for sustainable urban development.

Finally, Chapter 3 draws a discussion of the results of the literature study and the design, where reflections provide answers to how open storm water treatment can serve as a component for sustainable urban development.

# Innehållsförteckning

---

<b>Inledning</b>	<b>1</b>	<b>Kapitel 3. Slutsats</b>	<b>48</b>
Bakgrund	1	Diskussion	48
Problembeskrivning	1	Referenser	51
Syfte	2		
Läshänvisningar	2		
Avgränsingar	3		
Material och metod	3		
Platsspecifikation	4		
 <b>Kapitel 1. Kan öppna dagvattensystem användas som resurs för hållbara städer?</b>	 <b>5</b>		
Staden	5		
Staden & Vattnet	6		
Staden & Hållbarhet	10		
Staden & Hållbarhet & Människan	12		
Staden & Hållbarhet & Vattnet	14		
Staden & Öppna dagvattensystem	17		
Staden & Öppna dagvattensystem & Ekologi	18		
Sammanfattning teoridelen	20		
 <b>Kapitel 2. Förvaltande av dagvatten genom öppna dagvattensystem</b>	 <b>22</b>		
Öppna dagvattensystem & Konstruktion	22		
Öppna dagvattensystem & Utformning	24		
Platsbeskrivning	32		
Avgränsning	34		
Strategi	35		
Omgestaltning etapp 1 befintligt	37		
Omgestaltning etapp 1 gestaltningsförslag	38		
Omgestaltning etapp 2 befintlig	39		
Omgestaltning etapp 2 gestaltningsförslag	40		
Omgestaltning etapp 3 befintlig	41		
Omgestaltning etapp 3 gestaltningsförslag	42		
Effekt omgestaltning och sammanfattande slutsatser	43		

# Inledning

---

## Bakgrund

Under tiden för mina universitetsstudier har förespråkandet för grönytor blivit norm i min tillvaro. Jag har de senaste åren fördömt enfaldiga hårdgjorda ytors utbredning i staden på bekostnaden av grön infrastruktur. Ett ständigt återkommande inslag är kritiken kring hårdgjorda stadsmiljöer och deras oförmåga att hantera dagvatten. Det är också vanligt att det nämns hur hårdgjorda stadsmiljöer har en negativ påverkan på dess invånare. Det finns evidens för att urbana grönområden, konstruerade som öppna dagvattensystem, kan användas för att hantera dagvatten, samtidigt som teorier pekar på att urbana grönområden sänker stressen och höjer det rekreativa värdet i staden. Dessa faktorer är centrala när man pratar om korrelationen mellan

hårdgjord stadsmiljö och försämrad folkhälsa. Jag anser att många av fördelarna med ett öppet dagvattensystem är kopplade till en lyckad design. Processen är väl lämpad för landskapsarkitekter som har en förståelse för vattenhantering. Jag har vidare upplevt att det finns en oemotsagd enighet kring de mångfacetterade egenskaper ett öppet dagvattensystem har ur ett progressivt stadsutvecklingsperspektiv. Detta har i sin tur lett till en populär profilering inom landskapsarkitekturyrket. Min akademiska karriär är inget undantag. Jag har ofta valt att skriva om ämne som anknyter till dagvatten, tagit valbara kurser med inriktning på ämnet samt utfört ett gestaltungsförslag för dagvattenhantering i Helsingborgs Stad under mitt kandidatarbete.

Att genom ett yrkesöverskridande samarbete kunna konstruera lösningar som alla har en relation till är något som tilltalar mig. Jag anser att konstruktionen av ett öppet dagvattensystem i en urban kontext är tilltalande då implementeringen av ett sådant ekosystem, visar på att man kan skapa goda förutsättningar för grön infrastruktur även där förutsättningarna är som sämst. Där en lyckad implementering förhöjer kvaliteten på platsen och samtidigt bidrar med en positiv förändring på regional och global nivå.

## Problembeskrivning

Trots en till synes rådande konsensus inom forskningen där öppna dagvattensystem anses vara en huvudkomponent för en hållbar stad, verkar idén gå i klinch med verkligheten (Stahre 2008). Flertalet okulära besiktningar vid nya anläggningar vittnar om att öppna dagvattensystem inte alltid är en självklarhet. Trots att öppna dagvattensystem verkar vara en lösning till problem kopplade till negativa trender inom stadsutveckling, utnyttjas inte denna möjlighet fullt ut i verkligheten.



# Inledning

---

## Syfte

Syftet med studien är att undersöka öppna dagvattensystem teoretiskt såväl som praktiskt för att ge en större förståelse för vilken roll öppna dagvattensystem bör ha i våra städer och hurvida de kan bidra till en hållbar stadsutveckling. Landskapsarkitektur innefattar kunskap om många aspekter som används för att skapa ett lyckat öppet dagvattensystem (Stahre 2008).

## Läshänvisning

### Kapitel 1

*Kan öppna dagvattensystem användas som resurs för hållbar stadsutveckling?*

Kapitel ett avser att öka förståelsen för behovet av öppna dagvatten system i en urban miljö samt utreda varför behovet har uppstått. En grund för att undersöka hurvida öppna dagvattensystem spelar en viktig roll i hur vi utformar våra städer. Målet med frågeställningen är att komma närmare en förståelse kring fenomenet öppna dagvattensystem. Vilken funktion de kan ha, var de bör implementeras, och vilken påverkan de har på stadens vitalitet.

### Kapitel 2

*Förvaltande av dagvatten genom öppna dagvattensystem*

Målet med denna del är ytterst att skapa förståelse för hur man utformar öppna dagvattensystem. Det inledande avsnittet består av en orientering i utformning och dimensionering av öppna dagvattensystem. Efter en teoretisk genomgång följer en noggrann platsanalys av platsen för gestaltungsförslaget. Informationen bearbetas successivt under kapitel 2 för att till slut mynna ut i ett gestaltungsförslag som är så realistiskt som omständigheterna tillåter.

### Kapitel 3

Avslutningsvis knyter jag ihop arbetet och vilka teoretiska och praktiska aspekter på öppna dagvattensystem som kan motivera dessas betydelse för en hållbar stadsutveckling.

# Inledning

---

## Avgränsingar

Jag har valt att titta på dagvattenhantering snarare än skyfallshantering. Initialt ansåg jag det viktigt att fokusera på en av dem då volymerna, och i förlängningen ytan att ta i anspråk, skiljer sig för de olika scenariona. Vid dagvattenhantering ligger fokus på fördröjning och rening. Dessa system utger en liten del i stor kedja av lösningar. Skyfallshantering kräver stora landytor som kan fungera som översvämningsytor vid kraftiga skyfall. Anledningen till denna avgränsning är att jag är mer intresserad av konstruktionerna av systemen i en urban kontext, mötet mellan grått, blått och grönt. Jag är också intresserad av hur man på ett lokalt plan påverkar de globala förhållandena. Jag anser att avgränsningen även kan motiveras med en realistisk syn på hur jag even-

tuellt kommer arbeta i framtiden.

## Material och metod

Litteraturstudien är främst baserad på nyutgiven litteratur inom ämnet öppna dagvattensystem. Centrala källor för öppna dagvattensystem är Green streetscape Design with stormwater management (2016), Sustainable Stormwater Management (2017), Urban street stormwater guide (2017). Jag har även använt mig av inhemsk litteratur då fakta kan variera över nationsgränserna. Jag har under studien varit uppmärksam för påståenden och fakta som inte är aktuella för Sveriges del. Peter Stahre och Svenskt vatten är två återkommande utgivare i olika publikationer. Dessa har fungerat som komplement till de internationella källorna. Vidare har jag försökt hålla mig till källor som är publicerade av formella förlag. Det har varit lätt att hitta fakta från

privata trädgårdsidor, bloggar och forum vilket medvetet har undvikits. När det kommer till den praktiska delen har Pär Svensson, Vattenstrateg på Malmö stad, försett mig med underlag till GIS, vilket senare har använts för att illustrera förhållandena på plats vid gestaltningen. Vidare har alla beslut gällande dimensioner under gestaltningen förankrats i olika typer av litteratur.

# Inledning

---

## Platsspecifikation

Analys av GIS-underlaget samt Malmö stads skyfallshanterings-plan resulterade i valet av plats för gestaltningsförslaget. För mer ingående beskrivning av platsen läs under Platsbeskrivning, sida 33.



Målet med kapitlet är att reda ut bakgrunden till urbanisering och stadens uppkomst.

Kevin J. Gaston är professor i biologisk mångfald och naturvård vid Sheffield University. Gaston har de senaste 20 åren forskat inom urban ekologi. I boken *Urban ecology* (2010) berättar han om förhållandet mellan urbanisering och ekologi.

Historiskt sett ledde de första exemplen på urbanisering till exploatering av stadens tillgångar i takt med befolkningsökningen, till den grad att städerna tillslut ruinerades och blev obebodda. Dagens urbanisering tar större fysisk plats och sker i ett högre tempo (Gaston 2010 s. 13). Det finns inget enkelt sätt att definiera vad som klassas som urbant. Urbanisering är omvandlingen av landsbygd till tätort. Oftast finns det en intuitiv känsla för om en plats är urban eller inte. Det

kan emellertid vara svårt att sätta ord på. Flödet av människor, tätheten av byggnader och aktiviteten av invånarna definierar gränsen för urbana områden. Det är viktigt tänka på den vaga definition, vilken skapar utrymme för variation för vad som definieras som ett urbant område. Detta kan vara viktigt att ha i åtanke när man pratar om olika trösklar för urbana områden (ibid. s. 11).

Det finns olika vägar som individuellt eller tillsammans bidrar till att urbanisering uppstår. Migration från landsbygden ökar intensiteten och exploateringen av ett blivande urbant område. En annan orsak är obalansen mellan nativitet och mortalitet. Oavsett en fluktuerande fertilitetstrend lever människor längre och längre. Trenden är extra tydlig i redan urbana områden.

Ökad befolkning på landsbygden leder till en organisk expansion vilket i slutändan kan leda till att området blir urbant, exempelvis där perifera landsbygdsområden växer ihop (ibid. s 12). Städer är konstgjorda ståndorter primärt utformade för människan. Detta ofta på bekostnad av det naturliga habitatet i omnejden. Förutom själva platsen som tas i anspråk för urbaniseringen påverkas naturliga ståndorter både i och utanför staden för att kunna upprätthålla det liv människor lever i staden (ibid. s. 293).

Vatten är den resurs som används mest i en stad. Vidare har urbanisering påverkat hydrologin i området. Dess hårdgjorda ytor ökar mängden samt flödet av avrinning, vilket påverkar exempelvis antalet översvämningar. Distributionen av

grönytor kan vara direkt avgörande för att reglera vattnet i en urban kontext (ibid. s 41).

Målet med kapitlet är att komma närmare en förståelse hur urbanisering påverkat vattenhantering i staden. Samt att förstå vattnets naturliga beteende för att förstå varför det påverkats.

Spåren av mycket gammal stadsplanering utgör ett grundproblem vid planering av nutida urban bebyggelse. Allt ingripande i staden har alltid en gemensam frågeställning: Vad gör vi med dagvattnet? Dagvatten är det vatten som rinner av från platsen vid nederbörd som en följd av avbrytande av vattnets naturliga kretslopp. Den snabba exploateringen av land har lett till fler och fler hårdgjorda ytor. Städer med byggnader, tak, trottoarer, vägar, parkeringar i ett återkommande mönster påverkar direkt vattnets kretslopp. Upprinnelsen till problemet härstammar från tider då man medvetet ville föra bort vatten på ytan. Vattnet kunde på den tiden utplåna föroreningar från djuravföring, smuts och avlopp. Ett gammalt tankesätt som åldrats dåligt ( Lip-

tan & Santen Jr 2017 s.15). Vattnen är ständigt i ett naturligt kretslopp som katalyseras av värme från solen. Värme gör att vatten blir till ånga, vilken stiger upp mot atmosfären för att sedan kylas ner och omvandlas till kondens. När kondensen blir för tung faller den som regndroppar. Beroende på var regnet landar fortskrider kretsloppet olika. Vål på marken kan vattnet antingen infiltreras ned i marken, för att sedan perkolera ned i grundvattnet för magasinering eller rinna vidare under jord till vattendrag där kretsloppet börjar om. Vattnet kan även avdunsta på plats, eller direkt från vegetationen. Vatten som varken kan infiltreras eller avdunsta skapar avrinning ( SMHI 2017), se illustration 1.

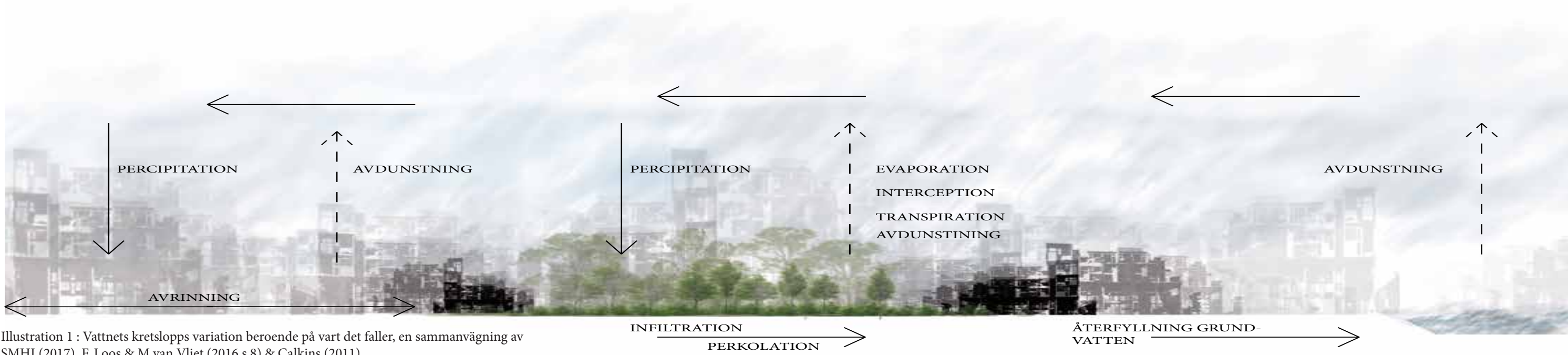


Illustration 1 : Vattnets kretslopps variation beroende på vart det faller, en sammanvägning av SMHI (2017), F. Loos & M van Vliet (2016 s.8) & Calkins (2011).

Stadens avbrytande av vattnets naturliga kretslopp skapar en obalans i det hydrologiska kretsloppet. Evaporation, precipitation, transpiration, samt återfyllnaden till grundvattnet påverkas alla av den typiska utformningen av staden (Loos & van Vliet 2016 s. 8), se illustration 1. Infiltration sker när vattnet penetrerar jorden och rör sig neråt från markytan till underliggande jord genom dess porer. Vattnets rörelse vidare mot grundvattnet kallas perkolation ( SMHI 2015).Evaporation är vattnets resa tillbaka till atmosfären genom avdunstning. Transpiration är vattenavsöndringen som sker med hjälp av växternas blad efter att vatten har tagits upp av exempelvis växternas rötter. Kombinationen av evaporation och transpiration kallas evapotran-

spiration (Dunnet & Clayden 2007 s. 41). Interceptionen är växternas avbrytande av regn som faller på deras bladverk eller grenar (ibid. s. 41). Den hydrologiska cykeln är intakt ur ett globalt perspektiv, till skillnad från regional nivå. En av de största konsekvenserna av det avbrutna kretsloppet sker vid små stormar. Dessa innehåller de största mängder föroreningar och den största förlusten av återfyllnad av grundvattnet (Calkins 2011 s. 69). Första flödet av avrinning har den största mängden föroreningar. Detta blir framförallt tydligt då nederbörden kommer efter en längre period av torka ( Liptan & Santen Jr 2017 s. 15). Tänkvärt kan vara att det är regnmängder mellan 1.2-3.8 mm står för 75 % av all förorening orsakad av dagvatten (Calkins 2011 s.

92). Obalans i det hydrologiska kretsloppet kan ge tre möjliga utfall, beroende på hur städerna är utformade– för mycket vatten som orsakar översvämningar, för lite vatten som skapar torka, eller kombination av de två (Loos & van Vliet 2016 s. 8). Ett område som inte är hårdgjort hanterar vattnet likt en svamp. Det absorberar, håller och släpper vidare vattnet på så sätt som bidrar till att kontrollera flödet, samtidigt som det återfyller grundvattnet och bidrar till att gynna biologisk mångfald. Förloppen sker olika beroende på intensiteten av regnet och var det sker. Evapotranspiration, infiltration och avrinning är de viktigaste processerna för hanteringen av vattnet och avgörande för att bevara ekosystem (Calkins 2011 s.72), se illustration 2-4



Illustration 2: Naturområde fördelning av vattenhantering samt illustrativ bild om flödeshastighet i förhållande i tid, en sammanvägning av Calkins (2011), Lidström (2012) & Venhaus (2012).



Ett antropocentriskt tillvägagångssätt har format den rådande dagvattenhanteringen. Hanterandet har skett utan tanke på ekologiska effekter. Den traditionella hanteringen efterliknar inte den naturliga hydrologiska cykeln med evapotranspiration, infiltration och avrinning, utan hanterar bara till viss grad överskottet av avrinning (Calkins 2011 s. 73). Beroende på den urbana utformningen varierar avrinningen från nederbörden mellan 30 % - 95 % (Liptan & Santen Jr 2017 s. 15). Det finns emellertid en korrelation mellan mängden ogenomträngbara ytor och andelen total avrinning från yta (Venhaus 2012), se illustration 2-4. En följd av urbaniseringen är större andelar hårdgjorda, icke-infiltrerbara ytor, vilket bidrar till en

ökad avrinning. Förutom att själva mängden avrinning ökar påverkar det hårdgjorda materialet också att flödet uppnår en betydligt högre flödes-hastighet (Stahre 2004 s. 9), se illustration 2-4. Det råder en konsensus bland forskare att nederbördsmängden kommer att öka (Svenskt vatten 2007). Klimatförändringar kan spåras till efter industrialismens genombrott. Produktionen av växthusgaser har lett till en förstärkning av den hydrologiska cykeln vilket i sin tur kommer leda till kraftigare nederbördsförhållanden (The Intergovernmental Panel on Climate Change 2001). Förändringen kommer ske olika beroende på var man befinner sig. Nederbörds-klimatets förändring kommer drabba Sverige allvarligt på grund av vår nordliga position. Internationella observa-

tioner visar att nederbörden har blivit kraftigare i skandinaviska länder (Dahlström 2001 s. 12). För Sveriges del kommer den största ökningen nederbörd ske under vintermånaderna. Förändringen går hand i hand med ett varmare klimat till följd av klimatförändringar vilken bidrar till större mängder avdunstning. Samtidigt kommer det ske en allmän ökning av frekvens och regnintensitet över hela landet. I Danmark visar prognoser att sommarnederbörden generellt sett kommer minska, vidare kommer intensiteten av de regn som faller öka. Samma prognos visar också att den generella ökningen av nederbörd kommer ske under vintertid. Årsnederbörden kommer fram till år 2100 öka med 10% (MSB 2013).

Urbaniseringen har lett till att vi har satt oss i en beroendeställning av fossilt bränsle, vilket bidrar till fler extrema väderförhållanden samtidigt som de orsakar föroreningar i staden. Avrinning från tak och vägar är den främsta anledningen till förorenat dagvatten i staden. Erosion är också en konsekvens vid bristfällig dagvattenhantering i urban kontext (Slaney 2016 s. 6). Koppar från byggnader och tak, galvaniserat stål från ledstänger, takrännor är några komponenter som bidrar till att tungmetaller finner sin väg till dagvattnet. Vägar, parkeringar och industrimark tillför stora mängder föroreningar till dagvattnet, bland annat restavfall från bekämpningsmedel (Liptan & Santen Jr 2017 s. 68).



Illustration 3: Glesbebyggt område fördelning av vattenhantering samt illustrativ bild om flödes-hastighet i förhållande i tid, en sammanvägning av Calkins (2011), Lidström (2012) & Venhaus (2012).

Ett föränderligt klimat kommer påverka de konventionella lösningarnas förmåga att ta hand om dagvattnet (Svenskt vatten 2011 s. 16). Översvämningar i staden kan kopplas till underdimensionerade VA-system. Underdimensionerade VA-system kan leda till att samhället försätts i katastroftillstånd då byggnation av VA-system oftast sker utan hänsyn till ett föränderligt klimat (Dahlström 2006 s. 12). Ytterligare en konsekvens av förtätade städer uppstår vid bebyggelse av nya tätorter där området kopplas till de befintliga ledningssystemet. På detta sätt sker en underdimensionering av de konventionella systemen, vilket ökar risken för att kapaciteten överskrids (Stahre 2004 s. 10). Konventionella dagvattenlösningar som till sy-

nes fyller sin funktion bidrar ändå till en del av problemet. Dess effektiva sätt att föra bort vattnet bidrar i slutändan till att fånga upp och samla på sig föroreningar i våra vattendrag. Det är vidare viktigt att understryka att hållbar dagvattenhantering inte bara handlar om dualismen mellan konventionella gråa lösningars kontra gröna lösningars förmåga att hantera avrinning (Liptan & Santen Jr 2017 s. 15). Framtiden kommer innebära att man lägger större vikt på att identifiera riskområden för att sedan motverka eventuella faror (Svenskt vatten 2011 s. 16).



Illustration 4: Stadsområdes fördelning av vattenhantering samt illustrativ bild om flödeshastighet i förhållande i tid, en sammanvägning av Calkins (2011), Lidström (2012) & Venhaus (2012).

Målet med kapitlet är att få en överblick av teorier inom hållbar stadsutveckling samt att förstå vilka komponenter som anses vara de främsta ur ett hållbarhetsperspektiv

Eva Hedenfelt har skrivit rapporten Hållbarhetsanalys av städer och stadsutveckling - Ett integrerat perspektiv på staden som ett socioekologiskt, komplext system (2013). Rapporten presenterar forskning inom ämnet för hållbar stadsutveckling med syftet att ge förståelse för hållbarhetsfrågor. Hållbarheten i städer är en viktig beståndsdel ur globalt hållbarhetsperspektiv. Utvecklingen av städer påverkar stadens invånare, hur ändliga resurser tillgodoses och i slutändan klimatförändringar. Stadens metabolism består av fasta och föränderliga strukturer. De fasta strukturerna är vägar, byggnader och andra fysiska komponenter, medan de föränderliga är invånarna. Mötet mellan dessa strukturer utgör stadsliv (Hedenfelt

2013 s. 26). Ur ett hållbarhetsperspektiv är det viktigt med transparens gällande bristande hantering av stadens resurser. För att resurser som vatten ska hanteras hållbart i staden finns krav på att de ingår i ett kretslopp. En konsekvens av en icke hållbar dagvattenhantering resulterar i negativ påverkan regionalt såväl som globalt (ibid. s. 31). Hållbar stadsutveckling är centrerad runt hållbarhet i staden. Vidare är det inte lätt att definiera vad hållbarhet är. Begreppet är dynamiskt då dess mål kan anpassas till stadens förutsättningar. Detta kan leda till en otydlig definition av begreppet. Det går också att tala om hurvida målet med hållbarhetsutveckling ska vara att minska det som i dagsläget inte är hållbart, eller

sikta mot att uppnå hållbarhet. Med andra ord, ska man minska negativa förändring eller skapa positiv? Detta är av stor vikt då synen på hållbarhetstanken är utgångspunkt för de modeller som kan föra arbetet framåt. Två exempel på hållbarhetsmodeller är Systemmodellen och Sfärmodellen(ibid. s. 12).

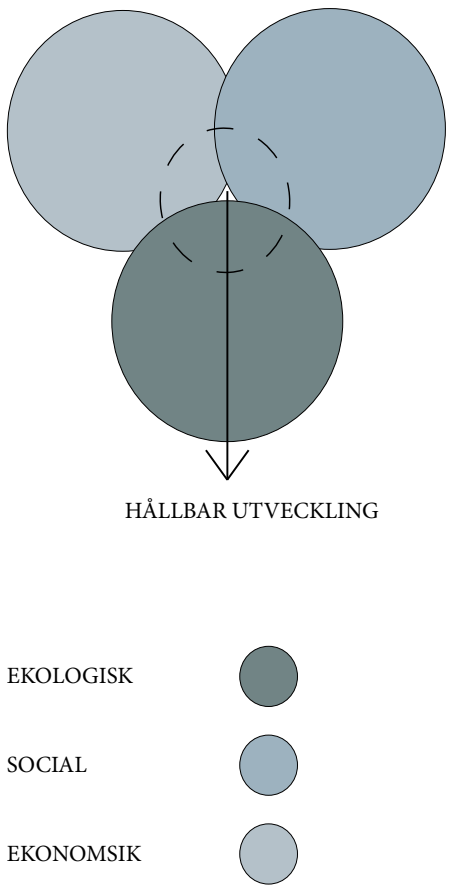
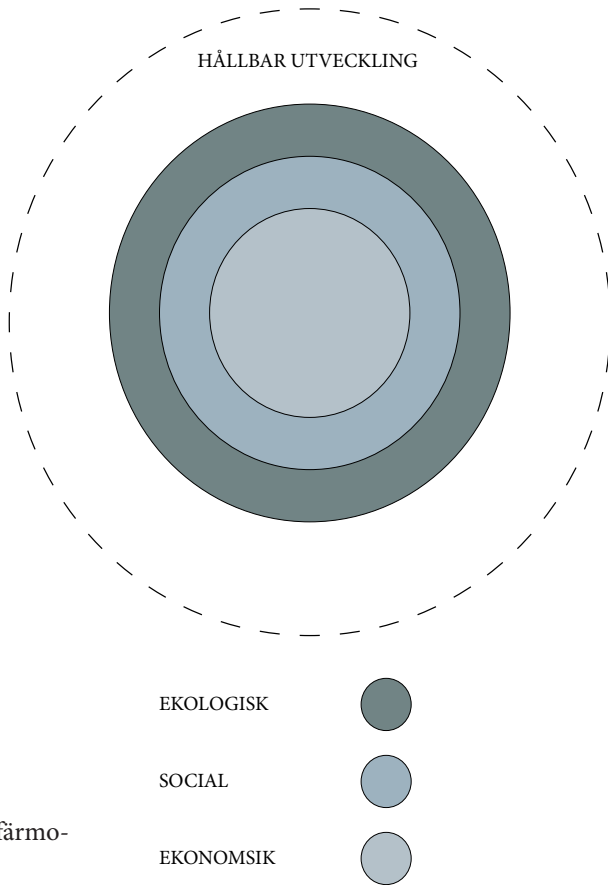


Illustration 5 : Visualiserar System-och Sfärmodellen , efter Hedenfelt (2013).



De tre aspekter som utgör hållbar stadsutveckling är de sociala, ekonomiska och ekologiska aspekterna. Vidare kan hållbar stadsutveckling endast nås då samtliga aspekter uppfylls. Detta eftersom att det är samspelet mellan aspekterna som är det centrala (FORMAS 2011 s. 19).

Systemmodellen grundas i en hållbar och rättvis ekonomisk utveckling vilket de sociala rättigheterna senare baseras på. Dessa leder till en insikt att vi lever som en del av naturen och därmed förutsätter en miljömässig hållbar utveckling (ibid. s.21), se illustration 5.

Sfärmodellen beskriver tre enskilda dimensioner som bidrar till en hållbar utveckling endast när de tre dimensionerna av social, ekologisk och ekonomisk hållbarhet flätas samman (Hedenfelt

2013 s. 12), se illustration 5.

Ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv bör en utveckling ske utan att man fördärvar de resurser som är tillgängliga från naturen. En långsiktig inställning att kunna leva och ta tillvara naturresurser är en grundförutsättning för ekologisk hållbarhet. En så liten påverkan som möjligt på de naturliga ekosystemen för kommande generationer är centralt. Kopplingen mellan ekologisk hållbarhet och social hållbarhet är stark då sociala aktiviteter är beroende av naturliga resurser, vidare påverkar de sociala aktiviteterna de naturliga resurserna (ibid. s.20). Socialt hållbarhetsperspektiv är människocentrerat med social rättvisa och hållbar samhällsutveckling i fokus. Social rättvisa brukar beskrivas som rätten till

god hälsa, goda arbetsförhållanden, yttrandefrihet osv., medan hållbar samhällsutveckling innebär samhällets förmåga att fortsätta utvecklas och överleva ur ett socialt perspektiv (ibid. s. 20). Det ekonomiska hållbarhetsperspektivet är kopplat till de nyss nämnda aspekterna, då de innebär att hushålla med naturligt och socialt kapital, exempelvis naturresurser och arbetskraft. En negativ påverkan på något av kapitalet påverkar den ekonomiska hållbarheten negativt (ibid. s. 21).

Målet med kapitlet är att förstå hur människan påverkats av stadens och vad som är av vikt för människans trevnad i våra framtida städer

Utvecklingen av den rådande stadsutvecklingen har lett till att 80 % av Europas befolkning bor i städer. Exploateringen av mark som följd av urbanisering har lett till mer bebyggelse och sämre tillgång till grönytor. Städer har trots dess oförmåga att förse invånare med tillräckligt med grönområden, en dragningskraft som gör att folk väljer att bo där. Verkligheten står i konflikt med det faktum att folk trots allt tenderar att vilja ha tillgång till naturlika områden för rekreation (Nord et al 2009).

Den traditionellt urbana miljön har flertalet negativa effekter på människan välmående. Stressfaktorer är exempelvis ljudföroreningar, trängsel och rädsla för brott. Många stressfaktorer kan också bidra till att orsaka mental utmattning (Gaston

2010 s. 203). Grönområden i urbana områden borde således anses vara en angelägenhet ur ett folkhälsomässigt perspektiv. Enbart åsynen av en grönyta eller liknande kan ha en positiv inverkan på den mentala hälsan för stadens invånare (Nord et al 2009). Vi uppfattar vår omgivning genom att medvetet fokusera vår uppmärksamhet eller att den fångas spontant (Kaplan 1995). När vi tvingas fokusera vår uppmärksamhet under längre perioder kan det leda till mental utmattning (Kaplan 2002). Utformning av städer har lett till att tvingad uppmärksamhet är mest förekommande i brist på platser där uppmärksamheten är spontan (Kaplan & Kaplan 1989). En lämplig åtgärd vore att anlägga fler grönytor, då egenskaperna i en sådan bidrar till att öka chansen för spontan

uppmärksamhet (Kaplan 1995). Med en ständigt pågående urbanisering och förtätning är det av stor vikt att inte förbise kontakten med grönytor, speciellt för människor vars vardag präglas av en typisk urban kontext (Gaston 2010).

Små intima parker belägna nära folks bostad har visat sig ha ett högt rekreativt värde. Även till ytan små parker och trädalléer kan ha stort rekreativt värde (Nord et al). Forskning visar hur mindre parker (< 3000 m<sup>2</sup>) har högst förmåga att bidra till ett rekreativt värde. Detta är ett bevis på att man kan jobba med mindre parker där den disponibla ytan är begränsad. Det viktigaste för att möjliggöra rekreation i en park är komponenterna som bildar parken och hur de är utformade. Vatten är ett av de element som

tillfredsställer brukarens fascination genom att fånga uppmärksamhet. Det är också viktigt att jobba med rumslighet för att en känsla av inhägnad ska kunna infinna sig. Exempelvis genom att strukturera träd och buskar likt väggar (ibid.). Ulrich, R. (1983) har påvisat kopplingen mellan naturlika områden och rekreation. Platsen borde ge intrycket av att vara ordnad, då det är mer sannolikt att folk undviker platser som uppfattas som stökiga. Trots detta måste platsen erbjuda en viss komplexitet, då platser som upplevs som för okomplicerade inte fångar vårt intresse.

Den rådande bilden av bebyggelser i städer kräver en förståelse mellan hur invånarna och gröna komponenter i staden påverkar varandra (Gaston 2010 s. 1). Vi är i behov av ekosystem. När

människan flyttat in i staden finns det ett behov av att förstå och förvalta ekosystemen så att vi kan utnyttja ekosystemtjänster de ger oss (ibid. s.2). Urbana ekosystem är en produkt av människans handlingar, inställningar och val. Därför krävs kunskap om allt ifrån ekonomi, beteendevetenskap och sociologi för att förstå dem (ibid. s. 3). Obalansen mellan den ökande urbaniseringen och bortprioriterandet av urbana ekosystem påverkar inte bara den exploaterade platsen i sig, utan även befintliga ekosystem på regional och global nivå, eftersom ekosystem-tjänsterna förväntas försörja fler och fler. Det finns också en tydlig koppling mellan natur och välbefinnande. Urbana ekosystem är ett bra sätt för en sådan interaktion (ibid. s. 2).

Målet med kapitlet är att få en förståelse av hur man ser på vatt-  
nets roll i framtiden ur ett hållbarhetsperspektiv samt hur framti-  
den ser ut för vattnet i staden

Fram till 70-talet var den allmänna idén att dag-  
vatten skulle avlägsnas från platsen i så stor ut-  
sträckning som möjligt. Här skedde senare den  
första förändringen mot en mer hållbar dagvat-  
tenhantering då man insåg att recipienterna blev  
förorenade av det rådande sättet att hantera vatt-  
net. Insatser för att minska föroreningarna i reci-  
pienterna inleddes. Nästa milstolpe mot en mer  
hållbar dagvattenhantering skedde under början  
på 90-talet (Stahre 2008 s. 7), se illustration 6.  
Startskottet för ett mer vedertaget tillvägagångs-  
sätt att vilja förändra hanteringen av dagvatten  
var Rio-deklarationen och Agenda 21. Här lanse-  
rade man för första gången termen hållbar stads-  
utveckling, vilket efter några år även kom att  
handla om hållbar dagvattenhantering (Stahre

2004 s. 11). Det förändrade sättet att se på hante-  
ringen av dagvatten betydde att man ville ta vara  
på vattnet och se det som en resurs (Stahre 2008  
s. 7).

Öppna dagvattensystem blev det moderna sät-  
tet att hantera avrinningen. Genom att imite-  
ra naturens eget sätt att hantera vatten lades en  
ny grund att bemöta problemet (Stahre 2004 s.  
8). Benämningen öppna dagvattensystem inne-  
bär inte nödvändigtvis att hantering måste vara  
synlig utan syftar snarare på att utnyttja naturens  
självgående kretslopp för att ta hand om vattnet  
på en yta (Sjöman & Slagstedt 2015 s. 283).

Kedjan visar hur olika aktörer kan närma sig en  
mer hållbar dagvattenhantering, se illustration  
7. Lokalt omhändertagande syftar till hur pri-  
vata aktörer kan bidra med naturlig dagvatten-  
hantering genom att exempelvis använda sig av  
gröna tak, genomträngbara markmaterial, rain

gardens eller lokala dammar. Fördröjning nära  
källan syftar till samma implementeringar men  
på allmän platsmark (Stahre 2008 s. 8). Vid det  
här stadiet bör man även planera för vattenvägar  
för det vattnen som kommer ta sig vidare trots de  
två första åtgärderna (Boverket 2010 s. 40). Trög  
avrinning syftar till att, genom öppna dagvatten-  
system, fördröja avrinning av dagvatten med ex-  
empelvis svackdiken, bäckar eller kanaler (Stahre  
2008 s. 8). Samlad fördröjning syftar på hante-  
ring av dagvattnet vid avrinningens lågpunkt  
exempelvis större dammar eller sjöar (ibid. s.8).  
Målet med hållbar dagvattenhantering är att ef-  
terlikna de hydrologiska förhållandena på plat-  
sen före bebyggelse. . En hållbar dagvattendesign  
är en kombination av transport samt bevarande

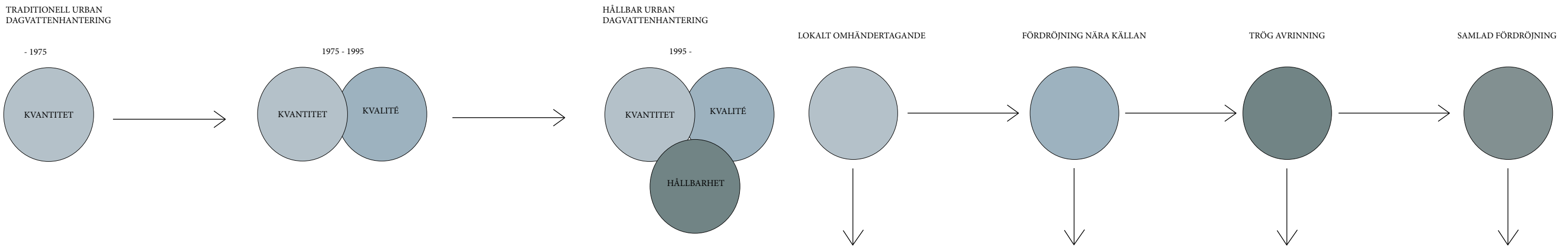


Illustration 6 : Milstolpar kring synen av dagvattenhantering genom åren, efter Stahre (2008).

Illustration 7 : Olika stadie i omhändertagandet av dagvattnet, efter Stahre (2008).



av dagvatten kombinerat med effektivitet och ökat ekologiskt värde (Calkins 2011 s. 74).Att ha naturen som förebild borde vara det primära målet för att skapa ett hållbart dagvattensystem. Vegetativa komponenter som efterliknar naturliga habitat i området kan vara en värdefull resurs för hanteringen av dagvattnet (ibid. s. 79). Från idén att dagvatten ska hanteras genom att så snabbt som möjligt transporteras bort från platsen, råder idag en syn att snarare fördröja avrinningen från platsen med hjälp av öppna dagvattensystem (Loos & van Vliet 2016 s. 8). I motsats till traditionella tillvägagångssätt hanterar öppna dagvattensystem avrinningen ovan mark genom vegetativa system som avbryter flödet ,renar, avdunstar, och hjälper till att fylla på grundvatt-

net. Med andra ord hjälper till att återställa det hydrologiska kretsloppet. Sättet att bidra till att återställa det hydrologiska kretsloppet påverkar direkt dagvattenhanteringen på ett positivt sätt samtidigt som det tillåter mindre andel hårdgjorda ytor och mer grönt i staden (ibid. s. 8). Öppna dagvattensystem i en urban kontext skiljer sig från de konventionella lösningarna då det plötsligt blir en del av brukarnas omgivning. Det medför utrymme för att inkludera mer värden i systemen än bara just dagvattenhantering. Detta medför också att olika kompetenser bör samarbeta för att skapa ett lyckat system (Stahre 2008 s. 9 ), se illustration 8.

Förutom de ingenjörsmässiga fördelarna av att implementera öppna dagvattensystem kan de påverka estetiska värden och rekreation på ett positivt sätt. Öppna system kan även bidra positivt till miljön genom ekologiska och andra biologiska processer, samt ur ett miljöpsykologiskt perspektiv till människors välbefinnande genom möjligheten att kunna vistas i en grön miljö. Historiska och kulturella värden kan också förstärkas (Stahre 2004). Ett sätt att försöka efterlikna dagvattenhanteringen innan bebyggelse är att låta små system vara utportionerade över ytan för att låta flertalet individuella systemen hantera en låg volym. Detta sätt att arbeta är mer likt den naturliga hanteringen (Calkins 2011 s. 79).

Det är viktigt att understryka den renande effekt som öppna dagvattensystem bistår till skillnad från de mer konventionella lösningarna (Liptan & Santen Jr 2017 s. 85). En viktig del av hållbar dagvattenhantering ur ett vattenreningsperspektiv är att hantera första flödet samt att inte låta föroreningarna fortsätta längre ner i dagvattenkedjan. Fosfor och kväve tas om hand av växternas rötter, medan tungmetaller sedimenteras i jorden. Föroreningar fångas upp på platsen, vilket gör det lättare att lokalisera (Calkins 2011 s. 84).Ett av de främsta målen med en hållbar dagvattenhantering är att se till att regnvattnet evaporerar och infiltreras för att hantera föroreningarna i det första flödet (ibid. s. 80).En sådan design skulle kunna förhindra att höga flödes-

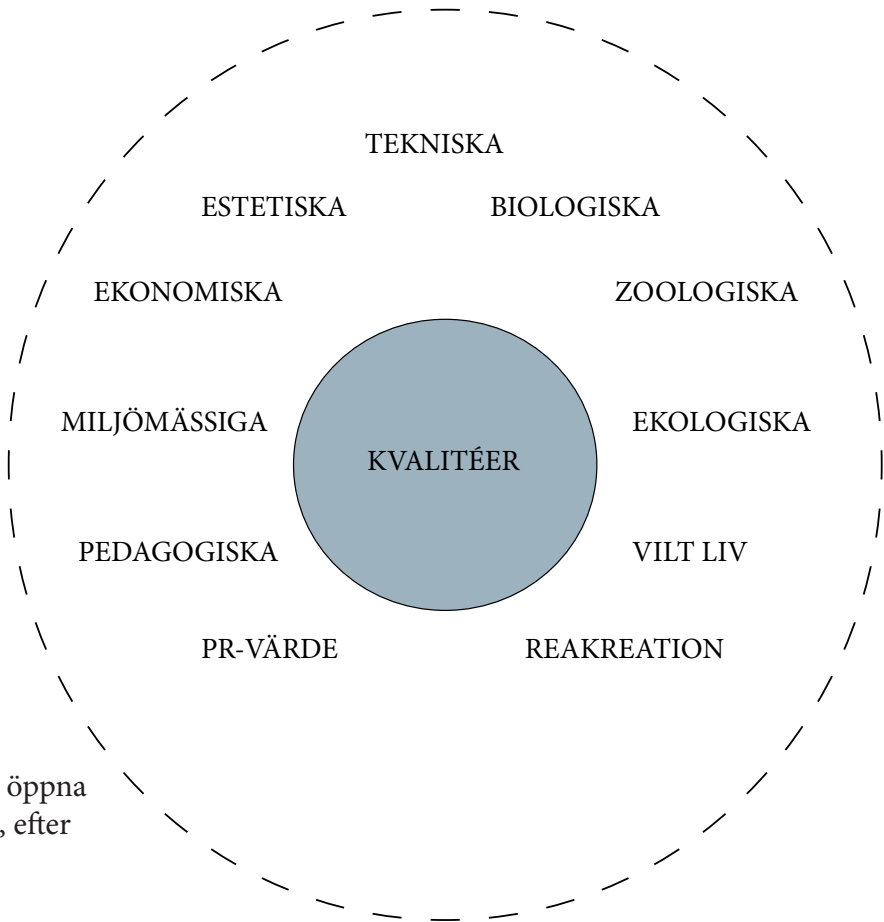


Illustration 8 : Olika mervärden öppna dagvattensystem kan bidra med, efter Stahre (2008).

hastigheter uppstår, samtidigt som det blir balans mellan evapotranspiration, infiltration, återfyllning av grundvatten (ibid. s. 80). En viktig del av hållbar dagvattenhantering är återfyllnaden av grundvatten. Detta innebär dock en risk då förorenat vatten kan förgifta grundvattnet vilket är otroligt dyrt att åtgärda. Det är därför viktigt att en rening av dagvattnet sker innan det når grundvattnet (ibid. s. 87). Det är också mycket viktigt att försöka hålla ner temperaturen på dagvattnet i staden. Syrets löslighet i vatten minskar med ökande temperatur. Man kan förhindra detta genom skuggning, och att använda sig av ljust material samt infiltration (ibid. 84).

De flesta ytorna har chans att vara multifunktionella i det avseendet att det fyller sin tänkta

funktion och samtidigt bidrar till att reducera avrinningen. Att motverka mönster som visats påverka avrinningen negativt borde vara det första steget mot en hållbar dagvattenhantering. En förklaring till att öppna dagvattensystem inte implementeras kan vara att man anser att det är en dyr initial kostnad och inte ser till de långvariga fördelarna (ibid. s. 105).

Ett tilltalande sätt att se på öppna dagvattensystem är att man vill konstruera städer så att de liknar tillståndet innan bebyggelse, eftersom att bebyggelsen är upprinnelsen till själva problemet (Liptan & Santen Jr 2017 s. 92).

# Staden & Öppna dagvattensystem

Målet med kapitlet är att få en förståelse för det som de tidigare författare pratat om som en av lösningarna på dagvattenhantering-problemet

## Kapitel I

Kan öppna dagvattensystem användas som resurs för hållbara städer?

Det är viktigt att komma ihåg att varje plats i någon mån är unik och kräver en platsspecifik lösning. Klimat, kontext och vattenflöde är exempel på saker som formar mikroklimatet på platsen (Loos & van Vliet 2016). Fördelen med att öppna dagvattensystem är just att de är öppna, dvs. transparant dagvattenhantering som faktiskt visar om systemen funkar eller inte. Brister i konventionella lösningar upptäcks ofta inte förrän det är försent (Liptan & Santen Jr 2017 s. 37). Ett typiskt urbant område består till ca 60% av ogenomträngbara ytor, oftast betong eller asfalt. Ofta är minst halva ytan av ett urbant område vägar. Vägar är främst en del av ett nätverk för transport men kan även vara sociala platser placerade som ett mellanrum mellan byggnaderna i

staden (NACTO 2017 s. 6). Traditionellt sker avrinningen i gatumiljö till konventionella lösningar. Kan man använda sig av öppna dagvattensystem i gatumiljön kan de, förutom att ta hand om dagvattnet, även bidra till att öka de ekologiska och hälsorelaterade värdena i staden (ibid. s. 7). När man tar sig an en plats med målet att implementera en öppen dagvattenlösning är det viktigt att identifiera hög- respektive lågpunkten i området. Det är viktigt att starta analysen vid den högsta punkten för att kunna utgå ifrån källan och därefter försöka fördröja vattnet på väg mot sin lågpunkt. Under fördröjningen bör det finnas lämpliga system för att filtrera, evaporera och infiltrera avrinningen till dess att den nått sin lågpunkt (Liptan & Santen Jr 2017 s. 70). Det är

en god idé att låta små vegetativa anläggningar längs med färden eliminera behovet av en större uppsamlingsplats. Detta sätt kan också bidra till att utjämna inverkan mellan kraftiga och mindre kraftiga regn (ibid. s. 71). På detta sätt sker små självrensningar av dagvattnet vid varje hållplats. Ju bättre balans mellan den totala avrinningsytan och antalet hållplatser, desto större chans att motverka större partier smuts i ett flöde, som i sin tur kan täppa till och äventyra hela systemet (ibid. s. 72). Att jobba med gravitationen och befintliga höjder möjliggör att arbeta med den befintliga platsen och inte mot den. En noggrann platsanalys, inte bara av höjderna men även små avvikelser i marktexturen kan vara avgörande för hur vattnet rör sig (Liptan & Santen Jr 2017 s. 18).

Det behöver inte vara en komplicerad design för att vara en lyckad. Förutsättningar för att anlägga öppna dagvattensystem finns på varje byggd plats, vare sig det rör sig om trädplanteringar, svackdiken, raingardens, dagvattenplanteringar, gröna väggar, eller gröna tak. Allt som krävs är en yta (ibid. s. 18).

Målet med kapitlet är att få förståelse för en av de viktigaste byggsystemerna i ett öppet dagvattensystem. Komponenterna som dessutom är en viktig del för hållbara städer.

Växter är en given komponent i öppna dagvattensystem. Träd i en naturlig plantering har överlägsen kapacitet i hantering av avrinning i jämförelse med andra marktäckan. Det finns också ett långsiktigt förhållningsätt till väletablerat träd då deras utvecklingsmöjligheter ökar effektiviteten av dagvattenhanteringen (Sjöman & Slagstedt 2015 s. 283). Planering av städer idag kommer påverka levnadsstandarden för människor i framtiden. Detta är av stor vikt på grund av det rådande förtätningssyftet samt att människor söker sig mer och mer till stadslivet. Förtätning kan betyda att grönområden tas i anspråk. Det är därför viktigt att bygga in komponenter i stadsmiljön som kan motverka den till synes negativa trenden (ibid. s. 236).

Riskreduceringsplatser är de platser som har goda naturliga förutsättningar att motverka konsekvenserna av klimatförändringar då de på ett naturligt sätt kan reducera inverkan av en händelse som sker till följd av klimatet (Boverket 2010 s. 12). Områden där det finns tilltagna grönområden har god förmåga att ta hand om dagvattnet och dessutom bidra med ekosystemtjänster som att minska luftföroreningar, reducera buller, klimatutjämna, vattenrening samt skuggning. Ekosystemtjänster är ett begrepp för de tillgångar naturliga områden bidrar med till en plats. Grönområden bör vara en del av en strategisk investering för städer och kommuner. Genomsläppliga ytor bidrar till att minska avrinningen. Grönytor infiltrerar upp till tio gånger

mer än om ytan bestod av ogenomträngligt material. Typen av jordart bestämmer hur effektiv infiltrationen är. Sandjord har en hög infiltrationsförmåga medan lerjord har sämre. Vegetationen spelar också en roll då rötterna kan bidra till en högre infiltrationsförmåga samtidigt som vegetationen stabiliserar marken och minskar risken för erosion (ibid. s. 35). De ekosystemtjänster i stadsmiljö som träd kan bidra med är minskning av värmeö-effekten, vindutjämning, dagvattenhantering, beskuggning, evapotranspiration och nedkylning under sommaren (Sjöman & Slagstedt 2015 s. 234). Det finns idag en tendens att ramar för modeller implementeras för generella vegetationslösningar i stadsmiljö. Det krävs kunskap om platsens unika förutsättningar

för att avväga växtval, samtidigt som en kunskap om teknik och design måste ingå i utformningen (ibid. s. 236).

Klimatet och hur människan tagit staden i anspråk har skapat förhållanden för växter som är långt ifrån optimala. Det är svårt att få platserna i staden att likna växternas naturliga ståndort och därför kan utvecklingen av dessa försvåras. Ståndorterna i staden har förändrats markant under 1900-talet. I hårdgjorda ytor är förhållandena som värst (ibid. s. 231). Träd i staden bidrar till grön infrastruktur med positiv effekt för människan genom rekreativt värde och miljöer som upplevs som stresslindrande (Sjöman & Slagstedt 2015 s. 234, genom Grahn & Stigsdotter 2003).

Det är viktigt att förstå att stadsklimat inte är definitivt, mikroklimatet formas av omkringliggande förutsättningar vilket påverkar platsens klimat. Det finns stora variationer av förutsättningar innanför stadens gränser, ovanjordiska som underjordiska (Sjöman & Slagstedt 2015 s. 236). Det urbana klimatet påverkas av allt ifrån topografiska variationer till fördelning av årsnederbörd och soltimmar (ibid.).

För att belysa begreppet stadsklimat kan man bryta ner det till tre underbenämningar. Mesoklimat, lokalklimat, och mikroklimat. Mesoklimat omfattar hela det urbana landskapet, ett vidsträckt område mellan ca 10-200 km, lokalklimat ca 100 meter – 50 km, mikro ca 1 millimeter – 1000 meter, se illustration 9.

När det kommer till komponenterna av ett öppet dagvattensystem är det viktigaste inte att hitta växter som trivs i vatten, då ett lyckat dagvattensystem ska vara konstruerat så att den största mängden vatten rinner genom systemet. Alltså krävs nödvändigtvis inte växter som har kapaciteten att stå i vatten utan växter som tillåter att vatten rinner genom. Det är viktigt att även här tänka på att växterna måste anpassas till mikroklimatet för varje system (Liptan & Santen Jr 2017 s. 28). Vidare bör växterna i ett dagvattensystem vara toleranta att stå i både högt vattenstånd samt torka (NACTO 2017 s. 81). Även intygat toleranta växtarter bör utvärderas utifrån varje systems habitat (Loos & van Vliet 2016 s. 7).

Man ska välja växter vars naturliga ståndort liknar öppna dagvattenlösningar. Oftast är dessa anspråkslösa och tåliga. Man bör välja växter som inte är för explosiva i sitt växtsätt för att kunna skydda omkringliggande konstruktioner (Svenskt vatten 2011).

Frågan om strikt eller naturlig design är viktig att beakta även när det kommer till dagvattenhantering (Liptan & Santen Jr 2017 s. 79). Inte minst för att allmänheten ofta reagerar mycket kraftigt på förändringar i markanvändningen, särskilt vid anläggning av vegetation. Det finns dock utrymme att skapa en stram design via grönska. Det är emellertid viktigt att brukarna förstår att detta är möjligt på grund av intensiv skötsel. Ofta finns det en korrelation mellan höga skötselkost-

nader och en estetik som tilltalar flertalet, medan projekt som har mindre budget ofta är mer naturliga. Vid denna typ av anläggning bör inhemska arter användas där man kan förstå och förutse hur växterna beter sig. Arter i en naturlig plantering som behöver beskärning bör vara en varningsklocka för att man valt fel art (ibid. s. 79). Vidare finns det också dagvattensystem som inte nödvändigtvis är beroende av växter. En viss typ av fördröjning, filtration, spridning och evaporation kan uppnås genom sten och trä-material som beläggning (ibid. s. 80).

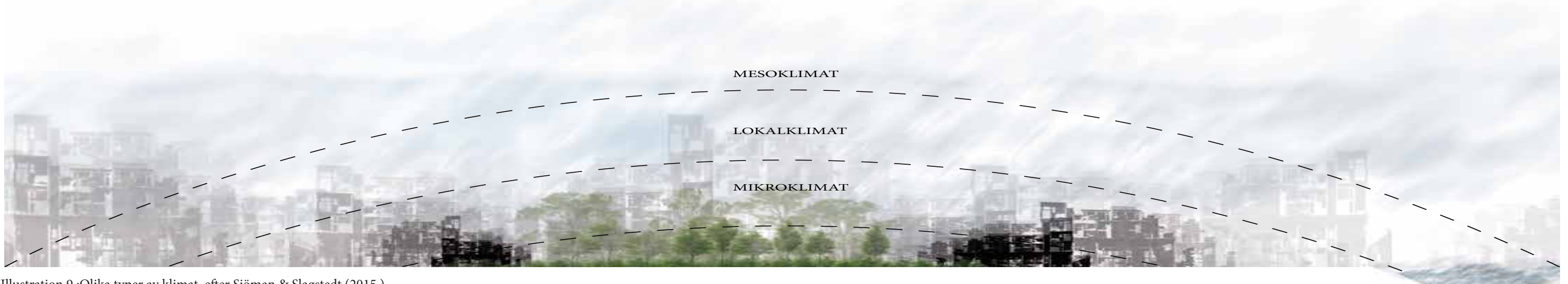


Illustration 9 : Olika typer av klimat, efter Sjöman & Slagstedt (2015 ).



Stadens hållbarhet påverkar direkt hållbarheten i ett globalt perspektiv. Det är därför viktigt att se till att varje stad gör sitt bästa för att gå i riktning mot hållbarhet. Hedenfelt (2013) skriver att det är viktigt att se till stadens egna förutsättningar då dessa skiljer sig från stad till stad. Vidare skriver Hedenfelt(2013) att det är viktigt att en stad är transparent avseende bristande hantering av stadens resurser. Gaston (2010) förklarade hur bristande hantering av stadens resurser historiskt har lett till att staden tillslut ruinerats. Förutsatt att man anser att vatten är en del av stadens resurser anser jag att det finns fog för att vara var-samma med hur vi hanterar det. Speciellt med bakgrund av utvecklingen gällande prognosen för framtida regnintensitet och återkomsttider

till följd av klimatförändringar. I avsnittet Staden& vattnet framgår hur städernas utbredning och snabba exploatering har försämrat stadens möjlighet att hantera dagvatten . Det är främst de hårdgjorda ytorna som avbryter vattnets naturliga kretslopp som bidrar till att vattnet tvingas ta omvägar. Omvägarna skapar avrinning som i dagsläget innebär problem för staden. För att bryta denna negativa trend är en lösning att försöka bygga städer där vattnet i större utsträckning kan hanteras som i dess naturliga kretslopp. Avsnitten Staden &Hållbarhet &Vatten samt Staden& öppna dagvattensystem, visar på situationer där öppna dagvattensystem kan utgöra en potentiell lösning till problemet. Ett skifte från de generellt ogenomträngbara material som pryder

staden mot material som gör det möjligt att infiltrera, fördröja, och rena dagvattnet – konstruerade som öppna dagvattensystem. Förutom att öppna dagvattensystem verkar vara en lösning för en mer hållbar resurshantering av stadens vatten, menar Stahre (2008) att det finns mervärden förknippade med en lyckad implementering. Många av dessa mervärden är kopplade till att mer vegetation införs i stadens generellt karga habitat. Under avsnittet Staden & Hållbarhet& Människan klargjordes vikten av grönska i städer och hur det påverkar människans hälsa i positiv bemärkelse. Hedenfelt (2013) och FORMAS (2011) är överens kring huvudaspekterna för en hållbar stadsutveckling - ekologisk, social och ekonomisk.

I enlighet med sfärmodellen, se illustration 10, anser jag att det finns anledning att behandla de olika aspekterna i en riktning där samtliga tillgodoses och en hållbarhet eftersträvas, vilket också understryks både av Hedenfelt (2013) och FORMAS (2011).

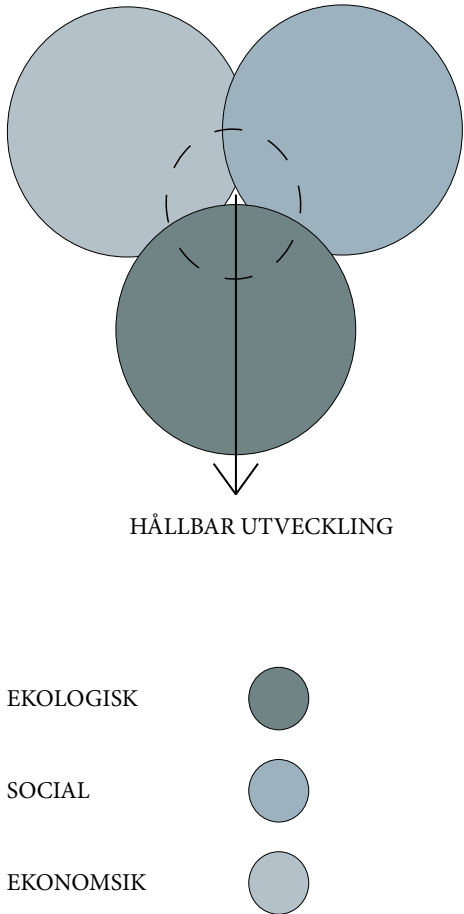


Illustration 10: Sfärmodellen , efter Hedenfelt (2013).

# Sammanfattning av teoridelen

Kan öppna dagvattensystem användas som resurs för hållbar stadsutveckling?

## Kapitel I

Kan öppna dagvattensystem användas som resurs för hållbara städer?

Ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv bör en utveckling ske utan att man fördärvar de resurser som är tillgängliga från naturen. Social hållbarhet syftar till samhällets förmåga att fortsätta utvecklas och överleva, samt invånarnas rätt till god hälsa. Ekonomisk hållbarhet är att hushålla med både naturkapital och socialt kapital. För att ekologisk och social hållbarhet ska uppnås får inte naturen och människans status påverkas negativt av förhållandena i staden, detta leder i förläningen till negativ ekonomisk hållbarhet. De olika aspekterna är beroende av varandra för att hållbarhet kan anses uppnådd, då bortfallet av en aspekt påverkar de andra. Av denna anledning vill jag driva tesen att öppna dagvattensystem kan vara en viktig komponent för hållbar stads-

utveckling. Systemens sätt att efterlikna vattnets eget kretslopp ger staden en möjlighet att utvecklas utan att i samma grad fördärva naturliga resurser. Vidare betyder öppna dagvattensystem i regel mer grönska. Mer grönska förser invånarna i staden med bättre förutsättningar för god hälsa och främjar en fortsatt god social utveckling. De nämnda exemplen visar hur öppna dagvattensystem påverkar den ekologiska och sociala hållbarheten, vilket i sin tur även driver ekonomisk hållbarhet i rätt riktning. På detta sätt anser jag att öppna dagvattensystem kan användas som resurs för hållbar stadsutveckling. Med en övertygelse om att öppna dagvattensystem kan vara en komponent för hållbarhet är det vidare viktigt att definiera utveckling. Hedenfelt (2013)

understryker vikten av att se dynamiken i ordet och förklarar att betydelsen kan vara föränderlig. Ska hållbar utveckling innebära en minskad negativ förändring eller insatser för att skapa positiv. Min tolkning är att det i sammanhanget är en fråga om öppna dagvattensystem ska implementeras vid framtida ny exploatering, för att förhindra negativ förändring eller implementeras i befintlig bebyggelse för att det ska ske en positiv förändring. Utifrån beskrivning av hållbarhetsaspekternas krav på enhetlighet för lyckad hållbarhet anser jag det finnas fog för en diskussion om hur vida det är tillräckligt att bara ett av scenarierna tillgodoses. Jag anser att detta är av stor vikt då teorierna kring hållbar utveckling understryker att samtliga aspekter måste tillgodoses

för en lyckad hållbar stadsutveckling. Samtliga stadsdelar, vid ny exploatering och befintlig bebyggelse skall vara intakt med hållbarhetsaspekterna för att staden i helhet ska lyckas skapa en hållbar utveckling.

# Öppna dagvattensystem & Konstruktion

Jag vill få en förståelse om teorierna kring vilka förutsättningar en plats bör ha för att vara lämplig för att ett öppet dagvattensystem ska konstrueras. Detta ger mig en djupare förståelse kring hur man kan resonera kring systemet i ett planeringsstadium.

Det finns faktorer som borde tas i anspråk för att se vilken typ av dagvattensystem som är lämpligast för den aktuella platsen. De första förutsättningarna att ta i beaktande vid bedömning av lämpligt dagvattensystem är hur stor yta som finns tillgänglig. Vidare är det viktigt att veta vilken typ av substrat som finns på platsen, då det är grundläggande för platsens infiltrationsmöjligheter. Dessutom är topografin viktig att analysera. Exempel där en plats med jord med dålig infiltrationsförmåga samt brant topografi bör utesluta system vars funktion bygger på infiltration, likt en raingarden. Däremot skulle en nedsänkt dagvattenplantering där vatten rinner genom, lämpa sig bättre (Stormwater solution handbook 2004 s. 8). Det är viktigt att inte bli för

trångsynt när det gäller alternativ till öppna dagvattensystem och att det finns fall då konventionella lösningar har större chans att vara det mer hållbara alternativet (Stahre 2004 s.12). För att öppna dagvattensystem ska uppfattas som rekreativa ska de konstrueras så det är möjligt att få en överblick av systemet med integrerade destinationer, och platser för att kunna stanna upp och fascineras. Vägar bör vara strategiskt utformade så att möten kan uppstå. En kombination av visuellt inbjudande men alltså mystiska och lättillgängliga ingångar till systemet (Calkins 2011 s. 99). Vidare är det viktigt med säkerhet som kan uppnås genom att konstruera systemet så att det är tydliga avskärmningar och vägar längst med systemet - speciellt viktigt om vattnet

i systemet är djupt (ibid. s. 100). Några strategier som används för att minska avrinning är att, om möjligt, göra vägar och parkeringar mindre, försöka använda befintlig vegetation som recipient, bryta flödesvägarna, dirigera vattnet till de öppna ytorna med vegetation och ett infiltrerbart substrat i området (ibid. s. 106).

För att optimera ett system i gatumiljö krävs en förståelse för platsens mikroklimat, topografi, mängd avrinning, utrymme, tillgänglighet och en förståelse för hur människor använder gatan (NACTO 2017 s. 3).

De lokala förutsättningarna måste studeras noggrant. Tillräckligt stora ytor med korrekta omständigheter som, befintlig vegetation, klimat, topografi, hydrologi, geologi måste tas i beaktan-

de vid implementeringar av ett öppet dagvattensystem (Boverket 2010 s. 35). Det är också viktigt att se till systemens bidragande funktioner i förhållande till vad platsen behöver. Till exempel har svackdiken en förmåga att hantera intensiva flöden, rena vattnen, samt att sänka vattnet och den omgivande luftens temperaturkvaliteter medan infiltrerbar beläggning endast bidrar i viss mån till att infiltrera vattnet (Stormwater solution handbook 2004 s. 8).

Inför dimensionering för olika dagvattenhanteringssystem är säkerheten i form av återkomsttiden för regn viktigt att ta i beaktande (SMHI 2018). Det bestämmer flödet, vilket i sin tur bestämmer ytan man måste ta i anspråk för att systemet ska klara av det förmodade flödet.

Ur dagvattenhanteringsynpunkt handlar återkomsttiden om extrema regnfall, vilket man dimensionerar systemen efter. Återkomsttiden väljs beroende på vilken risk man anser att en underdimensionering av systemet skulle innebära (ibid.). Ett regnfall med en återkomsttid på 100 år inträffar i teorin en gång under de 100 åren. Eftersom man i praktiken utsätter sig för risken under varje år under denna period, blir den faktiska ackumulerade risken större (ibid.).

# Öppna dagvattensystem & Utformning

Jag vill få en förståelse för de olika typer av öppna dagvattensystem. En förståelse kring deras utformning kan hjälpa mig att bedöma om de är lämpliga vid min omgestaltning

## Genomträngbara markmaterial

Genomträngbart markmaterial är i direkt kontakt med underliggande substrat och kan återfylla grundvattnet och eliminera behovet för konventionella lösningar. Systemet är flexibelt och hårdigt under en längre tid. Samtidigt är systemet lätt att underhålla och reparera. Systemet bidrar till att minska avrinningshastighet, volym och temperatur (Stormwater solution handbook 2004 s.34). Under beläggningen finns oftast ett lagrande lager som ger beläggningen struktur och som i viss mån kan lagra vatten. Systemet möjliggör reduktion av avrinning utan att påverka den hårdgjorda ytan så länge rätt överbyggnadsdimensionering är utförd (Loos & van Vliet 2016 s. 12). Sådana system kan motiveras där en reduktion av dagvatten krävs men interventio-

nen måste göras utan påverkan av rörlighet på platsen. Lutningen på ytan där systemet implementeras bör inte vara mer än 5%, annars finns en risk att infiltrationen inte är så effektiv. Ofta brukar implementeringen av sådana system vara på gator som har ett lågt trafikflöde samt en lättare överbyggnadsdimensionering, såsom trottoarer eller gång-cykelvägar (NACTO 2017 s. 86), se illustration 11, Genomträngbart markmaterial.

## Utökad trottoarkant

Systemet innebär att man i vägmiljö utökar eller förlänga trottoarkanten. I ytan som skapas vid en utökad trottoarkant utformar en grund dagvattenplantering dit vägens dagvatten når genom att man exempelvis tar bort en av kantstenarna som separerar vägen och planteringen (Slaney 2016 s. 99).

Systemet konstrueras antingen mitt i vägar eller vid korsningar. Systemets markyta ska vara lägre än omgivande väg och trottoar med minst ett insläpp så att vattnet kan finna sin väg. Planteringarna i systemet hjälper till att rena samtidigt som planteringsbädden magasineras vatten (Loos & van Vliet 2016 s. 12). Systemet bidrar till att skärma av bilvägar och trottoarer utan att belasta fotgängarnas utrymme. Likväl kan systemen

bidra till att trafiken på bilvägarna saktar ner, då de verkar som ett trafikhinder. Det är viktigt att tänka på att vegetationen vid sådana system inte på något sätt får hindra sikten, vid exempelvis korsningar. (ibid. s. 13), se illustration 12, utökad trottoarkant.



### Träd

Trädens kvalitéer i ett dagvattenhanteringssyfte är dels interceptionen som sker då vatten faller direkt på kronan eller grenarna. Trädgroparna bidrar genom infiltration. Trädens skugga gör så att marken kyls ner vilket påverkar temperaturen på det avrinnande vattnet (Stormwater solution handbook 2004 s. 22). Som system för dagvattenhantering fungerar träd som bäst när markytan för trädgropen är lägre än omgivande vägar och trottoarer med minst ett insläpp. Det är fördelaktigt att koppla samman träd som står i närheten av varandra till samma trädgrop. På så sätt kan en större magasinering och rening ske. Systemet bidrar till en mer estetisk gata, ger skugga samt avskärmning mellan trafikflöden. Även små gator med lite utrymme och brant topografi

kan implementera ett sådant system, men på bekostnad av hantering av avrinning (Loos & van Vliet 2016 s. 13). Träd har förutom förmågan att bidra till dagvattenreducering också flera viktiga egenskaper som bidrar till en bättre stadsmiljö. Genom evapotranspiration och skuggning bidrar träden till att sänka temperaturen i städerna. Luftföroreningar och ljudföroreningar reduceras också med hjälp av träd (NACTO 2017 s. 86). Arterna bör vara höga nog för att inte påverka flödet av gångtrafikanter genom att grenar blockerar vägen, men små nog för att stå i proportion till dess begränsade trädgrop. Det är viktigt att ha rötternas utveckling i åtanke när man planterar träd i staden. De får inte påverka omkringliggande ledningar men ska ha tillräckligt med utrym-

me för att kunna växa och bli större (ibid. s. 86). Trädplanteringar med sina mervärden nämns som ett av de mest kostnadseffektiva alternativen (Boverket 2010 s. 38). Växtbäddarna för träd i dagvattenhanteringssynpunkt borde vara mellan 5 – 10 m<sup>2</sup>, beroende på storleken på trädet (Svenskt vatten(2011), se illustration 11, Träd/Utökad trädgrop.

### Utökad trädgrop

Att utöka trädgropar i stadsmiljö är ett smidigt tillvägagångssätt att påverka vattenhantering där man tänkt plantera träd. Man utökar trädgropens substrat så att den har förmåga att hantera större andelar avrinning. Det är bra om man kan plantera träd i stadsmiljö tillsammans i en större trädgrop istället för att ha individuella trädgropar för varje träd. Dessa möjliggör en mer effektiv avrinning på platsen. De större gemensamma trädgroparna möjliggör i sin tur plats för mer rötter vilket gynnar utvecklingen av träden, och i förlängningen stärker hållbarheten för systemet själv (Slaney 2016 s. 99), se illustration 11, Träd/Utökad trädgrop.

### Magasineringsbara planteringslådor

Systemet är flexibelt då lådorna kan placeras på de flesta ytor, så länge de inte är för branta. De är även lätta att konstruera så att deras design passar med omgivningen. Systemet har samma kvalitéer som nämndes under träd, med interceptionen från växterna, och infiltration i substratet (Stormwater solution handbook 2004 s.25), se illustration 11, Magasineringsbara planteringslådor.

### Svackdike

Systemet är utformat som diken med svag lutning som får vattnet att rinna genom. Väl inne i systemet infiltreras vattnet i växtjorden samtidigt som växterna ser till att sakta ner farten så infiltration ska bli möjligt. Detta är en av styrkorna med svackdiken, förmågan att rena och sedimentera. Beroende på hur stort systemet är har det förmåga att hantera stora mängder vatten. Flera vegetativa komponenter finns tillgängliga då ett svackdike är ett naturligt system, som skulle kunna liknas vid en landskapsplantering (Stormwater solution handbook 2004 s.27). Vegetativa sänkor med sluttande sidor kan klara av att magasinera, infiltrera och rena vattnet samtidigt som de är mindre påkostade än exempelvis nedsänkta infiltrerbara dagvattenplanteringar,

vilka behöver mer utrymme. Ofta används inte några vertikala väggar runt systemet. Av denna anledningen bör man inte anlägga systemen där det är ett högt trafikflöde. Dess sluttande sidor kan bidra till att man har en större valmöjlighet vad det gäller vegetationen, jämfört med nedsänkta dagvattenplanteringar. Trädplanteringar på botten av systemen är möjligt (NACTO 2017 s. 82).

Det finns en flexibilitet i svackdiken. Övergången från intilliggande yta till system är dess sluttande sidor och inte en abrupt konstruktion. Man kan exempelvis lättare justera systemen efter implementeringen samt lättare ha tillgång till nedgrävda ledningar. Trafiksäkerheten är oftast inte ett problem då de flesta svackdiken inte är djupare

än 60 cm (ibid. s.82).

Att sätta ett trädgallersliknande skydd samt att ha förbindelser som kopplar trottoaren och vägen är tillvägagångssätt som minskar risken för att folk beträder systemet. Vid gator med vägparkering, bör en rad markbeläggning läggas så att vägen inte är i direkt anslutning till systemet. Stenar i lutningar kan motverka erosion, förutsatt att stenarna är väl förankrade i marken (ibid. s.82). Enligt Boverket (2010 s.38) är grunda svackdiken det mest kostnadseffektiva sättet att både fördröja och infiltrera dagvatten, se illustration 11, Svackdike.

### Raingarden

Systemet är en plantering i en sänka dit vatten kan föras, ovan jord eller under jord. Systemet klarar att tillhandahålla stora mängder vatten som blir stående i sänkan tills det infiltrerats bort från platsen. Förutom att systemen renar och infiltrerar vattnet bidrar systemet till att återfylla grundvattnet. På grund av att systemen ofta är väl tilltagna tillåts trädplanteringar, samt en större variation av vegetativa komponenter, som i sin tur kan påverka platsen genom att skugga markmaterialet och därmed sänka temperaturen på avrinnande vatten i närheten. Av samma anledning gynnas även den biologiska mångfalden på platsen. Formmässigt tillåter systemen en acceptans för både naturlika och strikta designer. Lutningen från omgivande ytor bör inte

överstiga 5%. Om avrinningsplatsen till systemet överskrider 5% bör man reglera inflödet via rör för att förebygga erosion. Överflödesrör kan vara en lösning på ställen i systemet som spås bli ansträngda. En tumregel för när systemet når sin fulla kapacitet är om dimensioneringarna av platsen vittnar om att systemet inte kan vara återställt efter 30 timmar. Om så är fallet bör man titta på andra lösningar som exempelvis dagvattendammar. Systemen bör inte byggas på kompakt markmaterial och bör kunna infiltrera 5cm per timme (Stormwater solution handbook 2004 s. 29) . Se illustration 11, Raingarden

### Nedsänkt icke-infiltrerbar dagvattenplantering

System där vatten rinner genom konstruktionen vars substrat har förmåga att infiltrera en viss mängd vatten trots att dess botten inte infiltreras vidare. Vatten fördröjs genom att systemet tillfälligt fylls upp för att filtreras och renas. Systemen är bra där förutsättningarna är dåliga då konstruktionen är flexibel och inte beroende av rätt geologiska förutsättningar. Trots detta sänks flödes hastigheten, temperaturen, vatten magasineras, och renas. Systemet är att föredra där det är ont om plats. Man bör undvika växter som behöver kontinuerlig bevattning (Stormwater solution handbook 2004 s. 31). Dagvattenplanteringar som inte är infiltrerbara kan implementeras på platser där det befintliga substratet inte gör det möjligt att infiltrera vattnet nedåt, där omgivan-

de mark lutar mer än 4% eller där det finns chans för att markvattnet kan vara förorenat. Trots att sådana system inte infiltrerar vattnet vidare kan de fortfarande ta hand om avrinning samt rena vattnet (NACTO 2017 s. 81), se illustration 12, Nedsänkt icke-filtrerbar dagvattenplantering.

### Nedsänkt infiltrerbar dagvattenplantering

Systemet bidrar med att sänka flödes hastigheten, temperaturen samtidigt som vatten magasineras, och återfylls till grundvattnet. Växter som inte kräver kontinuerlig bevattning och tolererar fuktiga till torra jordförhållanden är att föredra (Stormwater solution handbook 2004 s.33). Systemen är designade för att kunna placeras på exempelvis trottoarer. Markytan i systemet bör vara lägre än omgivande vägar eller trottoarer och ha insläpp på ett eller flera ställen så att vattnet kan ta sig in. Typiska nedsänkta dagvattenplanteringar är omslutna med någon form av kant försedd med ett insläpp. Systemen kan utformas för att passa en befintligt plats och bidrar till att avlasta avrinningen samt bidrar till estetiska värden på en utsatt plats. De kan även bidra till att skärma

av olika trafikflöden, som exempelvis bilvägar och trottoarer. Systemen är ofta applicerbara i utsatta miljöer vilket också gör att det ibland kan finnas anledning att ifrågasätta implementering av ett sådant system. Detta gäller till exempel om platsen redan är en hårt trafikerad trottoar som är trång och den anslutande bilvägen tillåter parkering på vägen (Loos & van Vliet 2016 s. 11). Systemet kan lätt anpassas efter platsens karaktär. Dess flexibilitet i utformningen och växtval gör det lätt att implementera i de flesta stadsrum samt anpassa efter mikroklimat. Systemets flexibilitet ger också möjligheten att anpassa systemet efter den volym avrinning som behöver tas om hand. Utformningen består av vertikala väggar som omsluter det vegetativa systemet. Det är

viktigt att de omslutande väggarna anpassas till platsen. Det är också viktigt att de inte påverkar det befintliga trevnaden för brukarna på platsen. Väggarna kan även användas för att under mark distinktionerna närliggande anläggningar dit man inte vill att vattnet ska flöda. Det är viktigt att systemen som implementeras inte äventyrar tillgängligheten för fotgängarna samt parkering och avlastningszoner för bilförarna. Enligt rekommendation bör systemen dimensioneras så att de är helt tömda på 24 till max 72 timmar (NACTO 2017 s. 78).

För att vegetationen i systemen ska trivas rekommenderas att systemet är minst 121 cm brett. Systemets djup är oftast mellan 15-22 cm. Det måste vara 30 cm mellan jorden och trottoaren på högt

trafikerade gator. Konstruerar man större system än så måste större avspärrningar finnas. Trottoaren får inte tas i anspråk mer än att det är 243 – 365 cm kvar om den anses vara högtrafikerad. Om den är mindre anses det påverka flödet. På en mindre trafikerad trottoar räcker det att 152 -182 cm finns kvar att röra sig på för att inte påverka flödet. Arter som växer högre än själva väggen på systemet är att föredra, för att förstärka barriären och hindra folk från att trampa i systemet. Träd bidrar till ekosystemtjänster som tex skuggning och bör anses som en möjlig komponent i systemet om förutsättningar kan tillgodose. Det är viktigt att ha tillräckligt med utrymme till rötterna (NACTO 2017 s. 79). Genvägar bör finnas mellan 609 – 1219cm och bör vara cirka 152cm

	Hybridplaneringar	
breda. (ibid. s. 79), se illustration 12, Nedsänkt filtrerbar dagvattenplantering.	På platser med lågt trafikflöde samt där utrymmet är begränsat kan hybridplanteringar vara lämpliga. Systemet är en kombination av nedsänkta dagvattenplanteringar och svackdike, med tillhörande egenskaper. Systemen kan tillämpas som en hybrid genom att ha en sluttande sida från trottoarens sida för att ge en mer gemytlig trafikmiljö för fotgängarna, medan vertikala väggar skiljer vägen och planteringen. Systemen ger tillfälle att plantera träd i gatan, exempelvis i sluttningen där rötterna inte behöver konkurrera med andra konstruktioner. Systemen är vanligtvis grundare än nedsänkta dagvattenplanteringar på grund av behovet av sluttande kanter. Botten bör vara minst 91 cm bred för att kunna prestera bra ur ett dagvattenhanteringssynpunkt	(NACTO 2017 s. 84), se illustration 12, Hybridplantering.



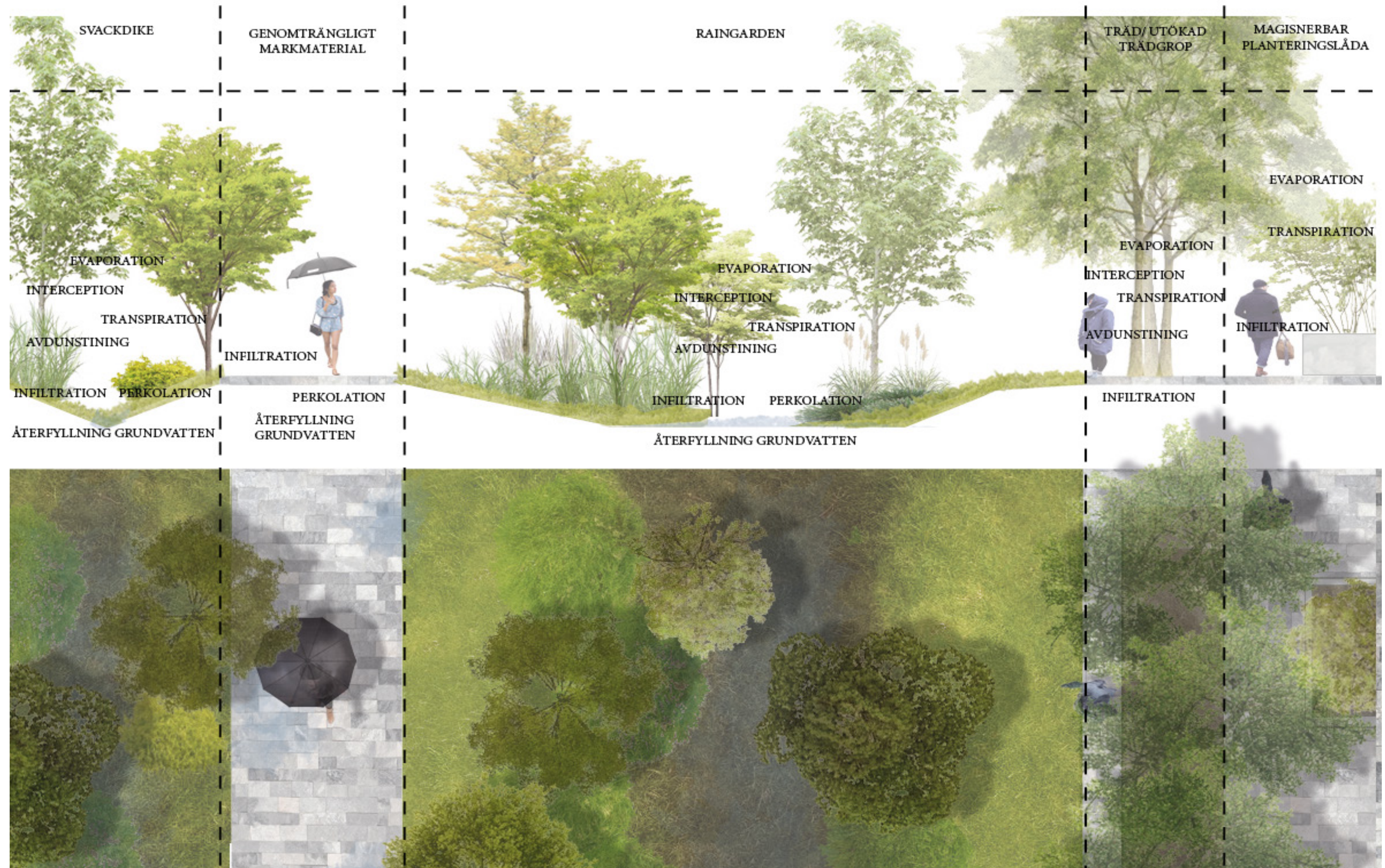


Illustration 11: Illustrativ gestaltning av olika typer av dagvattensystem





Illustration 12 :Illustrativ gestaltning av olika typer av dagvattensystem



Malmö har de senaste åren drabbats av tre kraftiga skyfall.

100mm regn under 24 timmar (2007-07-05)

60 mm regn under 6 timmar (2010-08-14)

120 mm regn under 6 timmar (2014-08-14)

(Malmö Stad 2016).

Det är svårt att förutse när nästa skyfall kommer ske. Istället måste man jobba förebyggande genom att analysera de platser med dokumenterad sårbarhet (ibid.). Söderkulla, i sydöstra Malmö, se illustration 12, är den plats jag valt att arbeta

med. Under de senaste skyfallen har Söderkulla drabbats hårt. Ett problem som uppstår i området som har problem vid skyfall är marköversvämningar vilket ofta beror på att de är lågt belägna och instängda, vilket hindrar vattnet från att naturligt rinna av från platsen. Söderkulla är dessutom ett av de områden i Malmö som har kombinerat avloppssystem. Dessa system är dimensionerade att hantera regn mellan 2-5 års återkomsttid (ibid.). Platser i städer där kombinerade system är tillämpade väntas i framtiden ha stora problem vid översvämningar med bräddning av orenat spillvatten och bakåtströmmande vatten (Boverket 2010 s. 35).

Områdena som historiskt drabbats hårdast av marköversvämning är ofta de områden där gamla diken var belägna. Enligt planen för marköversvämningen kan man urskilja hur ett gammalt dike har varit placerat längst med Söderkullagatan, se illustration 13. Dessa platser har varit naturliga lågpunkter för att ta hand om avrinningen. Idag är det bebyggt på områdena och diken är kulverterade. Men de topografiska förutsättningarna består (Malmö Stad 2016).

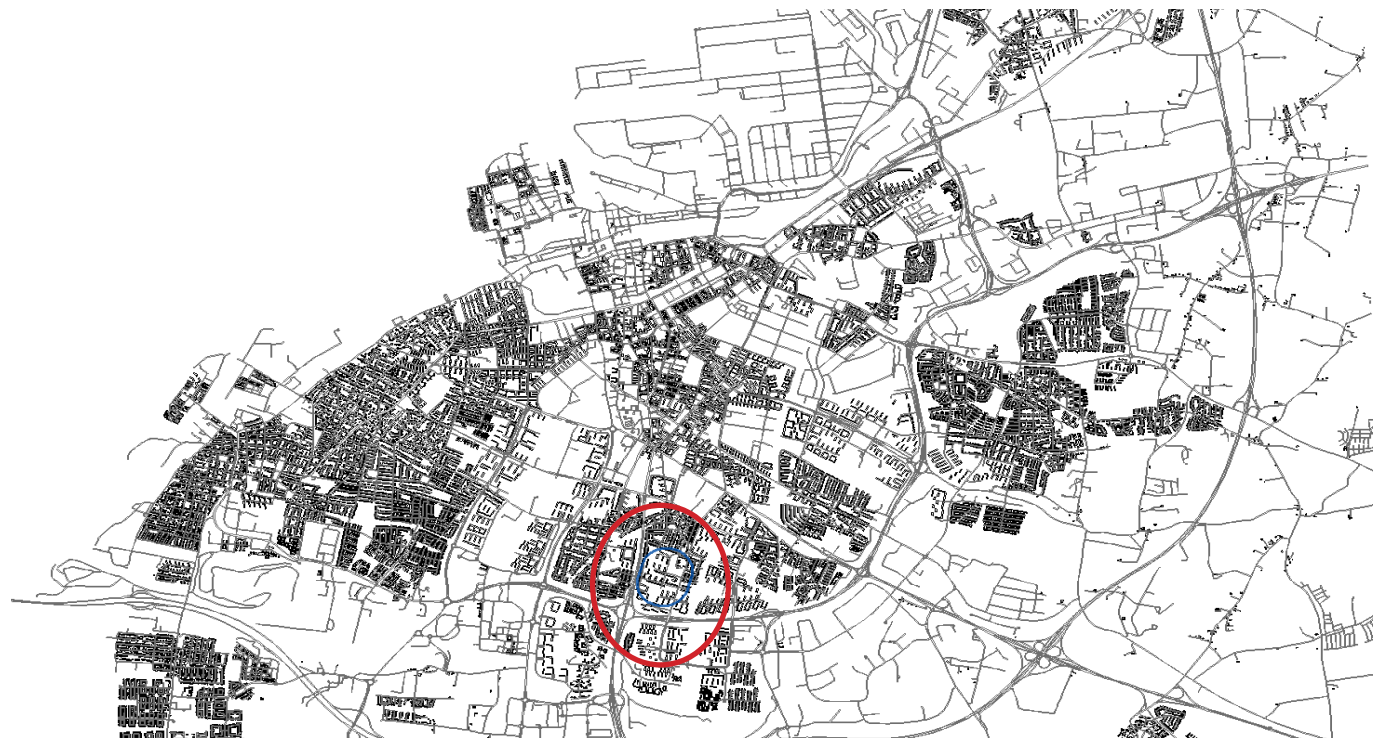


Illustration 12: Orienteringskarta Malmö. Den röda cirkeln visar på vart mitt arbetsområde är. Framtagen av författaren med hjälp av underlag från Malmö stad

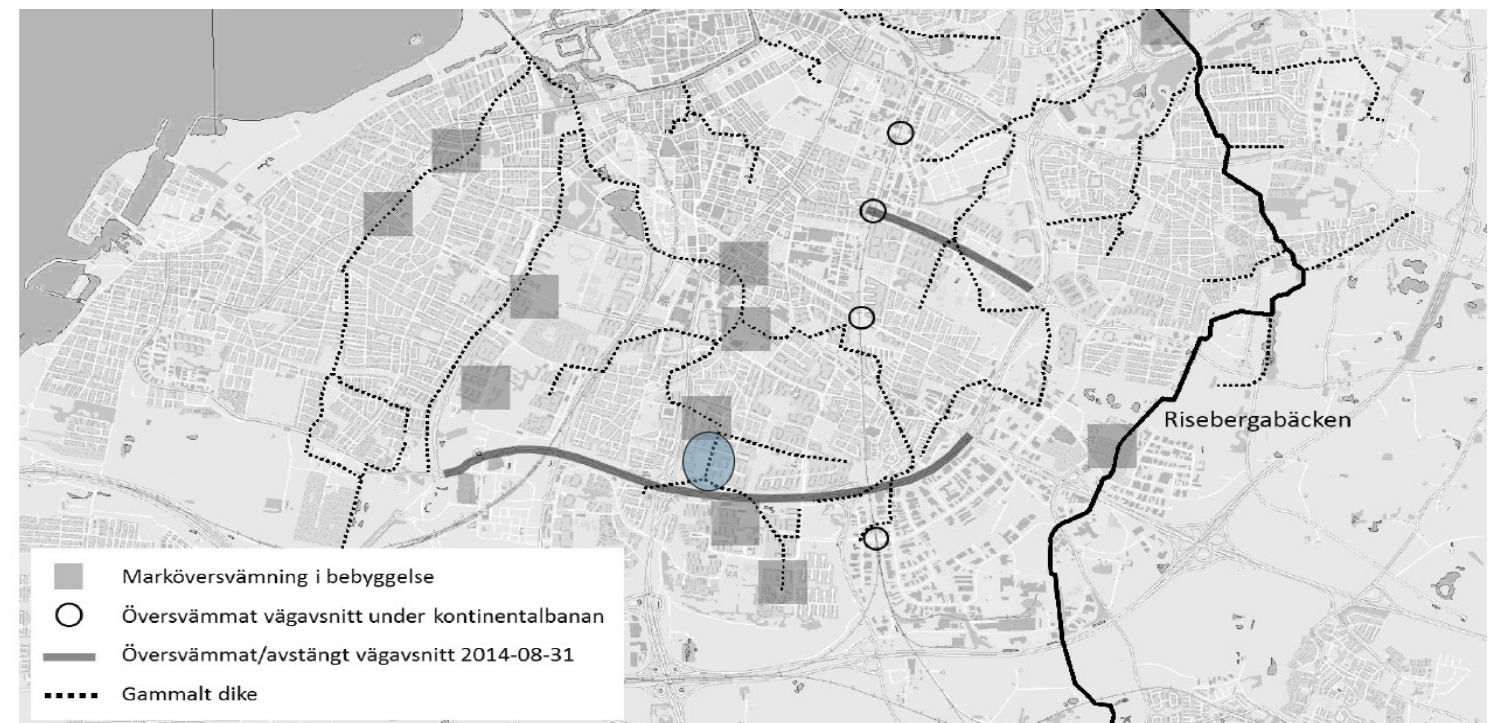


Illustration 13 : Söderkulla markerat på kartan i regional kontext över översvämningar och gamla dikesvägar i Malmö återskapad av författaren från (Malmö stad 2016).



Platsen för studien är en del av en flödesväg till en stor uppsamlingsplats, längst med Söderkullagatan, se illustration 14, 15 & 16. Det går att följa flödesvägen som sträcker sig längst med gatan upp mot Söderkullaskolan för att sedan vika av västerut mot sitt slutmål. Det är tydligt att anslutande gator och ytor i omnejd flödar mot Söderkullagatan. Detta blir extra tydligt när man tittar på marköversvämningssanalyserna där sättningar av vatten kan visas från olika typer av hypotetiska regn, se illustration 14, 15 & 16. Jag anser att platsen har goda förutsättningar att användas som exempel på ett område där en intervention är nödvändig för att få bukt med dagvattnet. Platsens förutsättningar är typiska för urbana sammanhang. Därför finns goda förutsättningar

att upphöja resultatet av omgestaltningen- samt problematiseringen kring den, till en generell nivå.

Man kan betrakta ingripandet längst med Söderkullagatan som en insats på mikronivå. Eftersom att Söderkullagatan är en del av flödesvägen till den stora uppsamlingsplatsen påverkar den direkt hanteringen på lokal nivå. Detta påverkar i sin tur Malmö stads sammanlagda motståndskraft mot regn i framtiden. Uppnår Malmö stad en hållbar dagvattenhantering påverkar det hållbarheten på en global nivå. Omgestaltningen kan visa hur ingripande på mikronivå där förvaltandet av dagvatten genom öppna dagvattensystem kan bidra till en mer hållbar stadsutveckling.



Illustration 15: Marköversvämning & flödesvägar kring Söderkullagatan baserat på de regn som föll 2014 i Malmö. Inringat område är arbetsområdetgränsen på Söderkullagatan. Framtagen av författaren med hjälp av underlag från Malmö stad



Illustration 14 Marköversvämning & flödesvägar kring Söderkullagatan baserat på ett teoretiskt 100-årsregn. Inringat område är arbetsområdetgränsen på Söderkullagatan. Framtagen av författaren med hjälp av underlag från Malmö stad



Illustration 16: Marköversvämning & flödesvägar kring Söderkullagatan baserat på de regn som föll 2011 i Köpenhamn. Inringat område är arbetsområdetgränsen på Söderkullagatan. Framtagen av författaren med hjälp av underlag från Malmö stad



För att inte begränsa gestaltningen är utgångspunkten att försöka maximera hanterandet av dagvatten i området. Arbetsområdet avgränsas till Söderkullagatan, med början vid korsning Tornfalksvägen norr ut förbi Berguvsgatan och avslutas där flödesvägen viker väster ut, se illustration 17. Platsvalet motiveras av att kartdata pekar på ett behov för förändring av dagvattenhanteringen, se illustration 14-16. Där flödesvägen viker av väster ut finns ett stort hårdgjort torg. Området är varierat med element som vägyta, trottoarer, kvartersmark och parkeringsplatser och har därför förutsättningar att fungera som testområde för ett antal olika lösningar. En annan förutsättning för studien är att funktionen på platsen ska behållas till så stor grad som

möjligt. Beslutet är grundat med bakgrund i kapitel 1. Ser man till den ekonomiska påverkan att förändra befintlig infrastruktur, måste man rimligtvis ersätta den någon annanstans, eller i alla fall funktionen av den. Det finns också sociala hållbarhetsskäl att bevara platsens funktion. En förändring på beskostnad av befintlig funktion skulle kunna förändra karaktären då det kan finnas värde och identitet förankrat i platsen för folk som bor där. En annan viktig princip för gestaltungsförslaget är att störa befintliga ekosystem så lite som möjligt, då det strider mot hållbarhetsprinciperna att flytta problemen från en plats till en annan, vilket annars vore en risk.

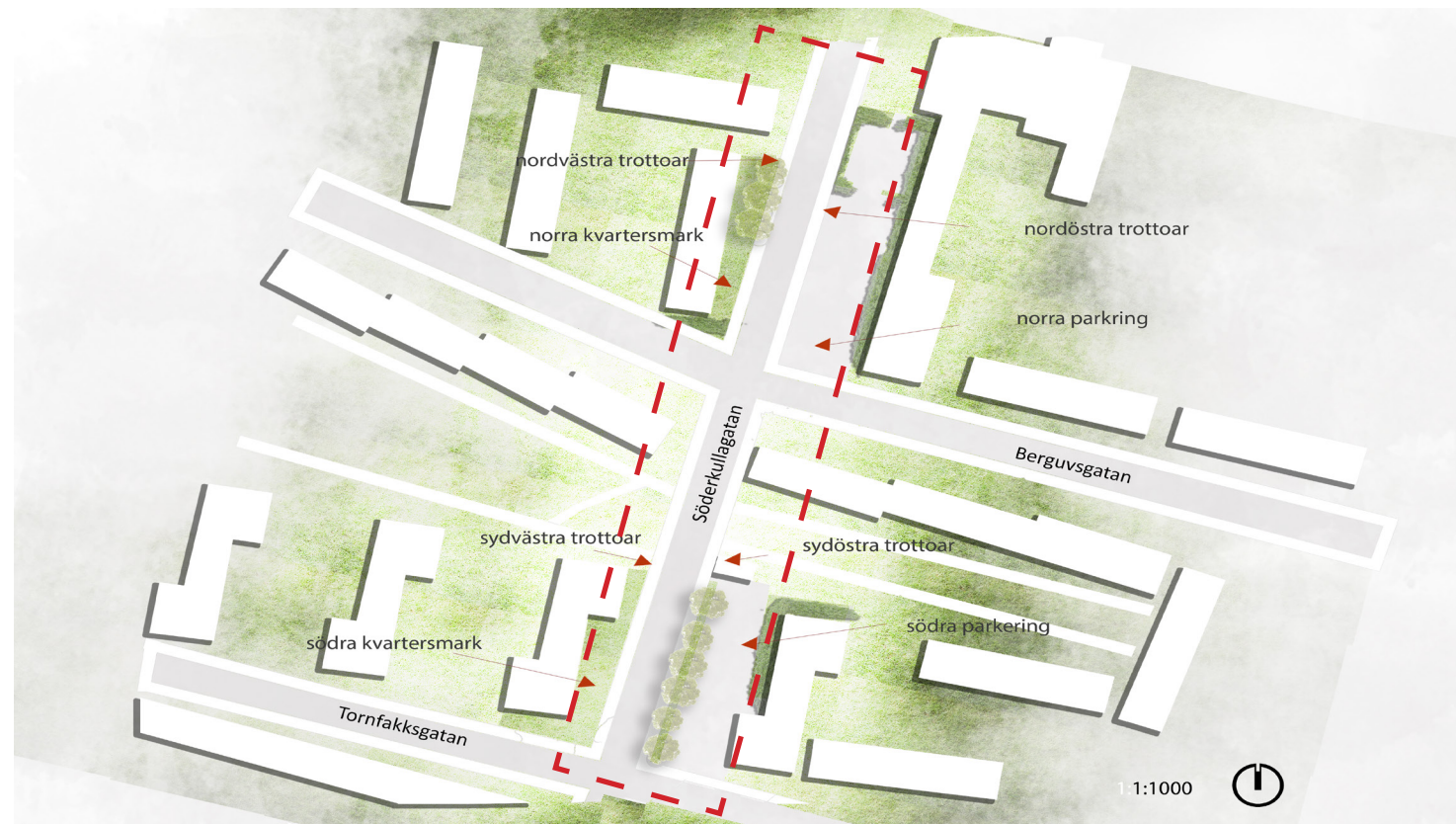


Illustration 17: Illustrativ orienteringsplan. Inringat område är arbetsområdet, befintligt läge Söderkullagatan.



Gestaltningen är indelad i tre etapper.

Etapp ett innefattar södra parkeringen med intilliggande befintlig plantering på parkeringens västra sida, se illustration 18.

Etapp två vidtar där etapp ett slutar och fortsätter upp längst Söderkullavägen fram till korsningen Berguvsgatan. Etappen innefattar vägen samt trottoarerna, se illustration 18.

Etapp tre vidtar där etapp två slutar och upp till arbetsområdesgränsen. Etappen innefattar kvartersmark, väg, trottoar samt parkering, se illustration 18.

Strategin är att i så stor grad som möjligt jobba med vad som redan finns på platsen med litteraturstudien som bakgrund där vikten av en noggrann platsanalys poängterats flertalet gånger. Mer konkret betyder det i det här fallet att befintlig vegetation och topografi kan utnyttjas. Efter inventering på platsen fann jag väl utvecklad vegetation på två ställen. Klotlönnarna längst med den södra parkeringen (etapp 1), samt oxel-träden vid den norra kvartersmarken (etapp3). Ambitionen var även att använda mig av befintliga gräsytor på kvartersmark i så stor utsträckning som möjligt.

Avseende topografin har GIS-data från Malmö stad gjort det möjligt att ta fram flödesvägar. Med andra ord en visuell illustration baserad på höjddata som visar vart vatten skulle färdas vid ett pönerat regn. Denna informationen gör det möjligt att analysera var olika typer av system skulle kunna lämpa sig. Marköversvämningsdatan understryker inte endast behovet av förändring på platsen utan kan också vittna om var större system skulle kunna lämpa sig.

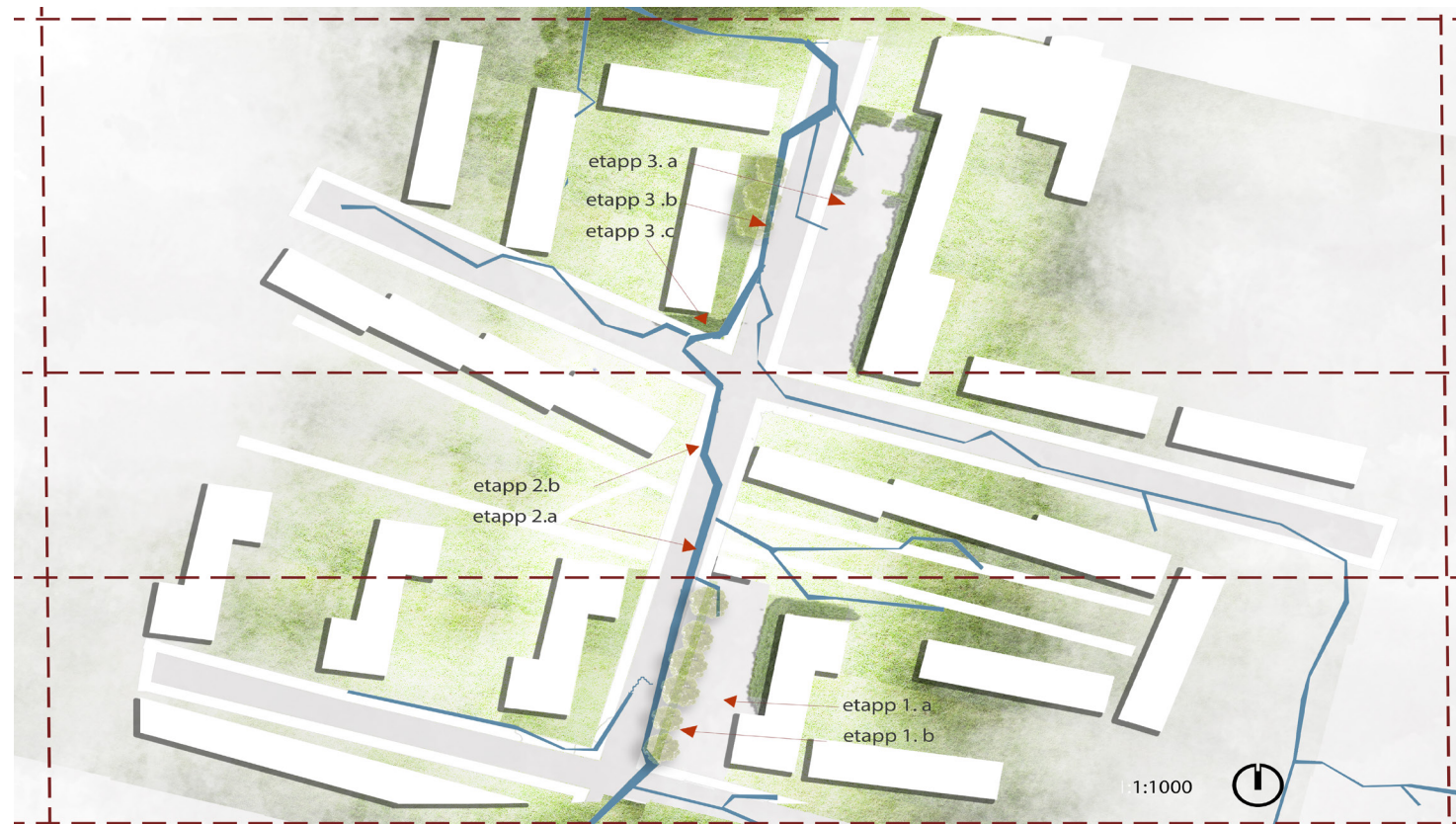


Illustration 18: Illustrativ strategi av omgestaltning i olika etapper

Djup

Fördröjningsdjupet på systemen är viktigt då de styr volymen och vidare effektiviteten på systemet. I befintlig miljö finns det mycket under mark att ta hänsyn till. Det finns också goda skäl att hitta ett djup som kan fungera som ett principiellt mått, även om verkligheten bestämmer begränsningarna för varje plats. Wille Helmbold har i sitt examensarbete (Grön-blå gator – En undersökande studie över möjligheterna att använda regnbäddar i gatumiljöer - med utgångspunkt i ett gestaltningsförslag för Vasagatan i Kristianstad), inventerat olika öppna dagvattensystem. Djupet på systemen som liknar dem jag konstruerat påminner om Monbijougatan, Malmö. Samt SW 12th Avenue Green street projekt, Portland. Dessa system har 10 cm respektive 15 cm för-

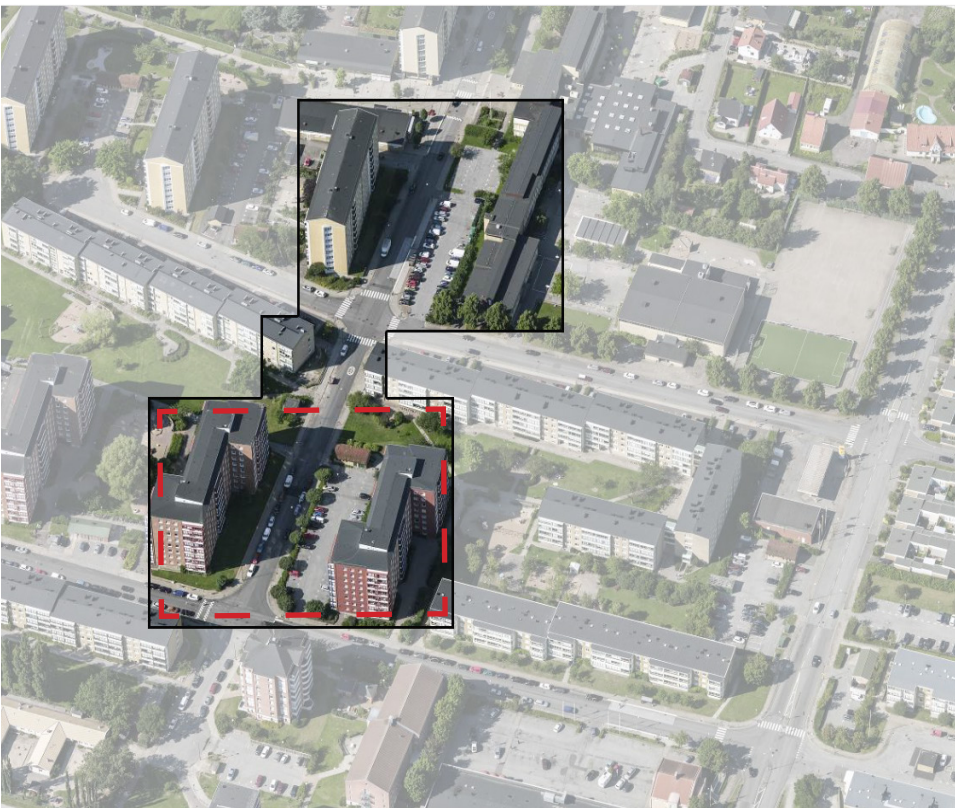
dröjningsdjup. Vidare har det framkommit att djupet på systemen bör vara 15-22 cm (NACTO 2017). Med utgångspunkt i dessa källor satte jag ett fördröjningsdjup på 20 cm. Djupet är väl tilltaget men inom ramarna för vad som verkar för-svarbart. Gällande regnbädden som kommer implemen-teras på kvartersmark borde det vara enklare att komma djupare i marken. Dunnett och Clayden skriver i sin bok Raingardens (2007), att djupet generellt sett är runt 15 cm i en raingarden. I konsultation med Anders Folkesson, Landskaps-arkitekt, SLU, Alnarp kom vi fram till att ett djup på 1 m skulle fungera om någon form av staket uppförs på de platser gångtrafikanter kommer i direkt kontakt med systemet.

Effekten på de införda genomsläppliga markma-terialen samt de icke nedsänkta dagvattenplan-teringarna (etapp1 a& b) samt (etapp 3 a& c) kommer inte beräknas i volym, däremot kom-mer ytans avrinningskoefficient ändras när man räknar på effekten för hela området. Implemen-teringarna kommer att tas i beräkning men inte räknas på effektivitet i fördröjningskapacitet, som system 2a&b och 3a.

Sammanfattning trösklar

- Trottoar minst 2 m
- Regnbädd intill fasad, 3 m ifrån
- Regnbädd minst 0,6m bred
- Regnbädd max 1:2 lutning
- Djup system 2a&b 20 cm
- Djup system 3b 1m



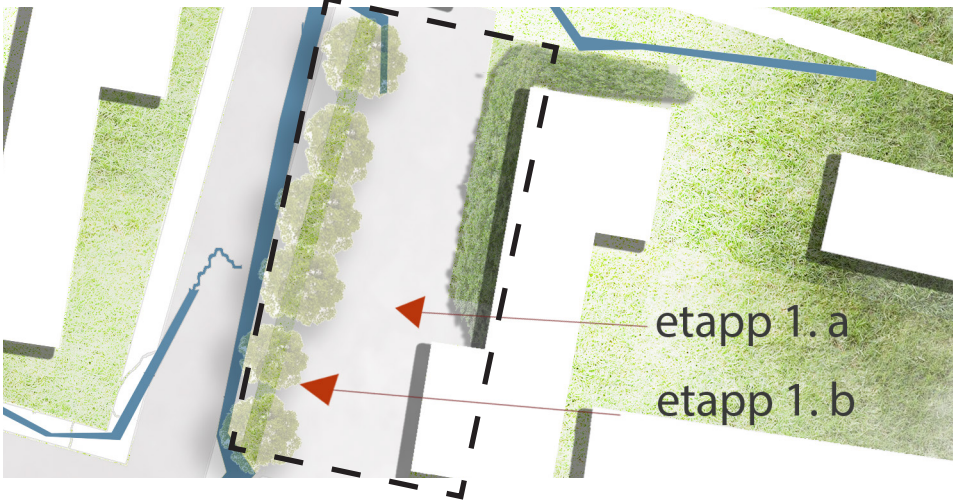


Flygfoto Arbetsområdet, kartunderlag från Malmö stadsbyggnadskontor (2017) Kartor. Malmö.Se, Bearbetad av författaren

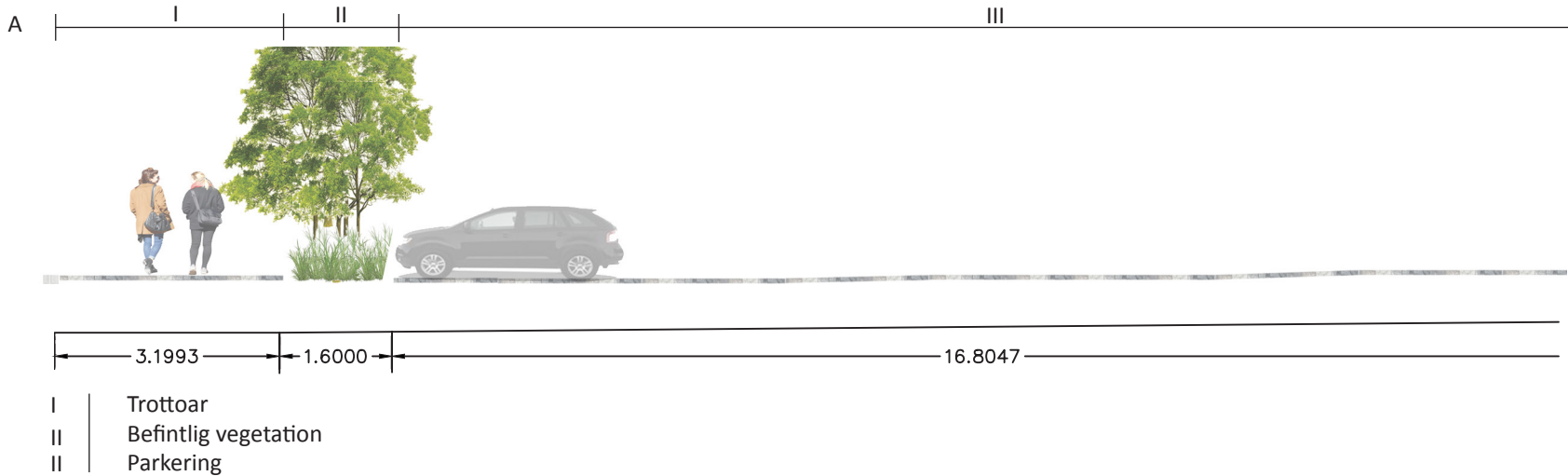
Strategi  
Med bakgrund i Stahres(2008) och Boverkets(2010) likartande syn på tillvägagångsätt, samt en sammanlagd bedömning av litteraturstudien kan man dra slutsatsen att motståndskraftig fördröjning nära källan är första steget. I det här fallet är källan de platser där stora vattenmängder ansamlas, som exempelvis de stora hårdgjorda parkeringarna som i nuläget bistår med noll infiltration. Det är därför rimligt att byta ut asfalten mot ett ljust genomträngbart markmaterial, se etapp 1.a. Detta kommer bidra till fördröjning nära källan då platsen nu tillåter infiltration samtidigt som det ljusa materialet sänker temperaturen på platsen jämfört med den befintliga svarta asfalten. Denna insats kan ske utan att platsens funktion förändras. Vidare ska insatser göras väster om parkeringarna för att ta hand om vattnet som tar sig vidare från parkeringen. Vid den södra parkeringen ska den befintliga vegetationen samt topografin utnyttjas för att rusta upp den befintliga planteringen till en typ av infiltrerbar dagvattenplantering. Överskottet från vattnet vid parkeringen kommer leda till denna plantering , se etapp 1.b.  
Omvandlingen från asfalt till genomträngbart markmaterial sker utan vidare påverkan på funktionen av platsen. Som påpekats

tidigare i studien kan systemen motiveras där en reduktion av dagvatten är nödvändigt men interventionen måste göras utan att påverka rörligheten på platsen (NACTO 2017).Insatsen vid omkringliggande planteringsyta vid den södra parkeringen sker likt en infiltrerbar dagvattenplantering. Den befintliga planteringen bevaras medan en omslutande vertikal vägg med flera inläpp från parkeringsplatsen och ett utsläpp i norra delen av planteringen mot vägen.

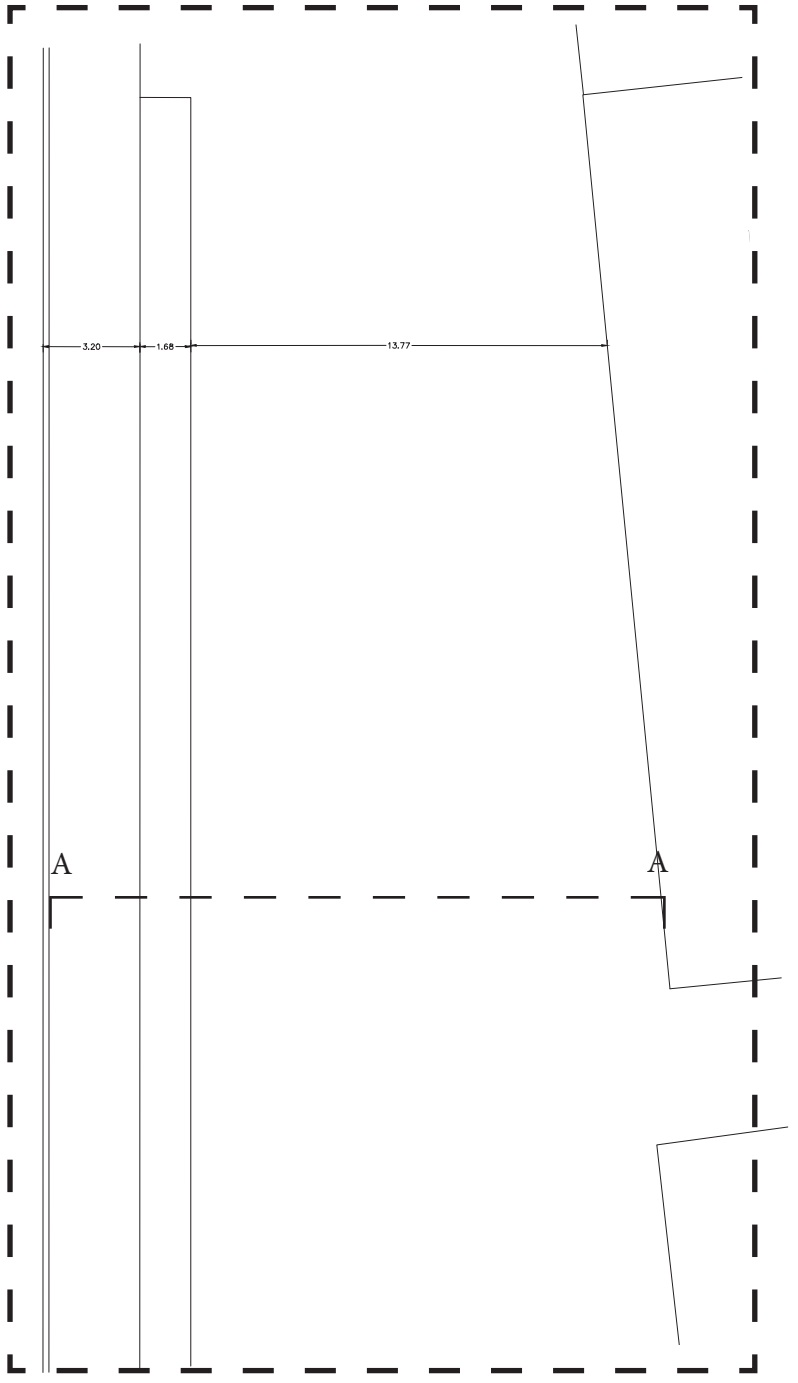
Inzoomad översiktskarta implementeringsförslag inom arbetsområdet



Sektion befintligt läge



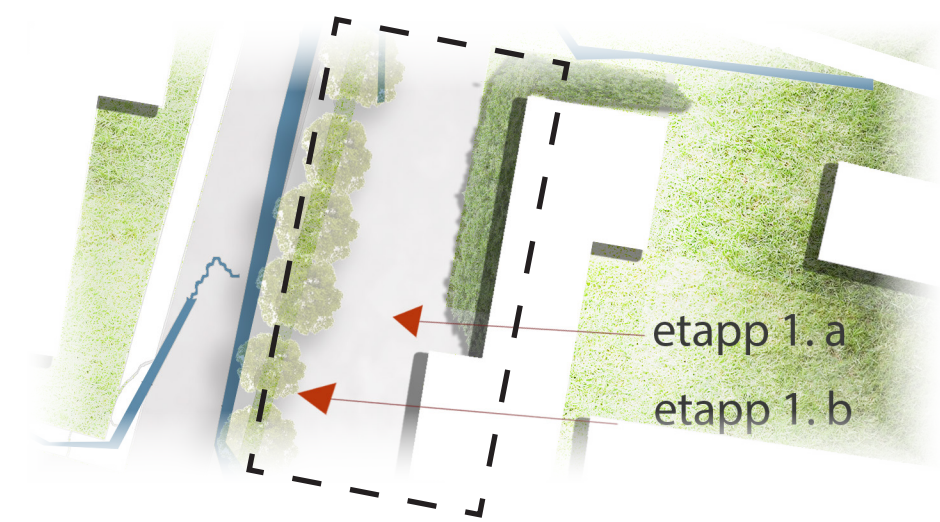
Plan befintligt läge med sektionspil



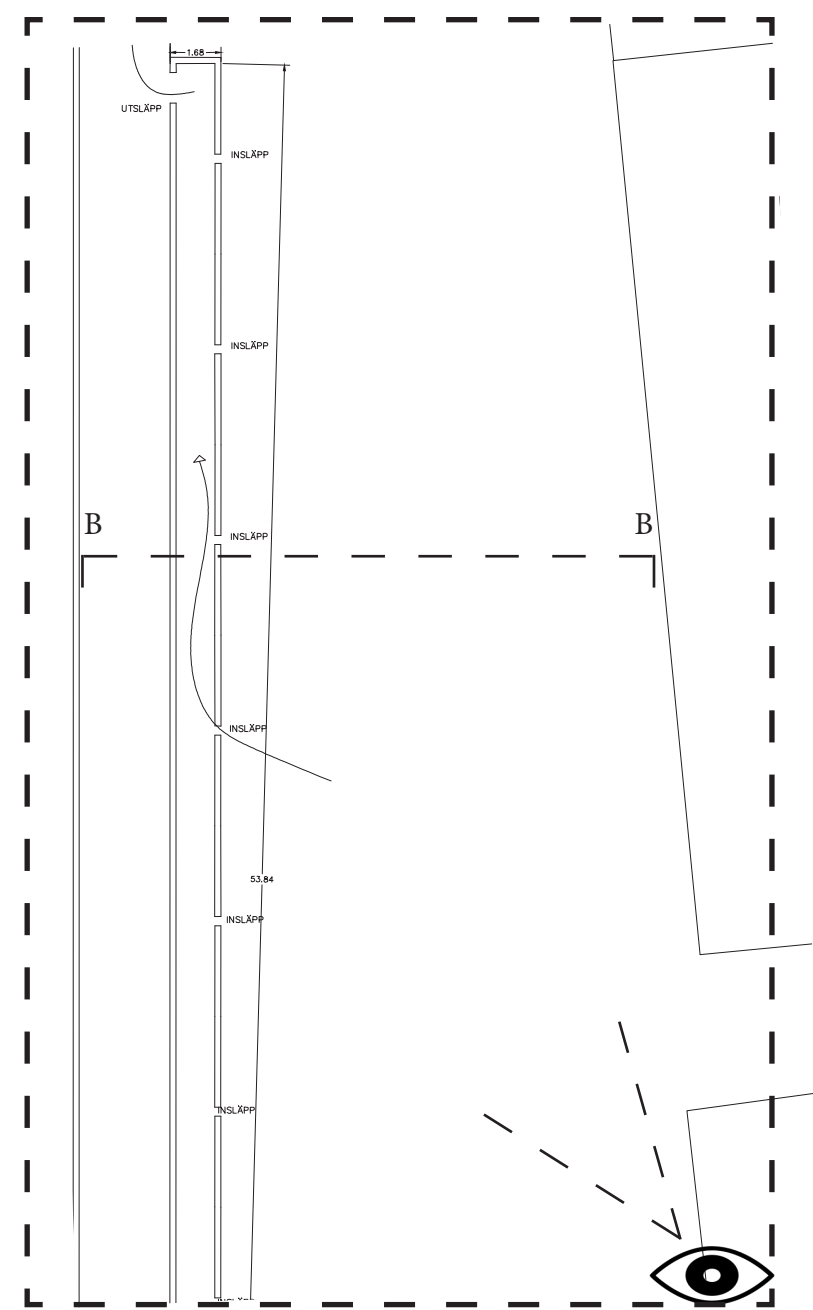


# Omgestaltning - Eapp 1 - Gestaltungsförslag

Inzoomad översiktskarta gestaltungsförslag inom arbetsområdet



Plan gestaltungsförslag med sektionsspil samt vy-markering för illustration



Sektion gestaltungsförslag

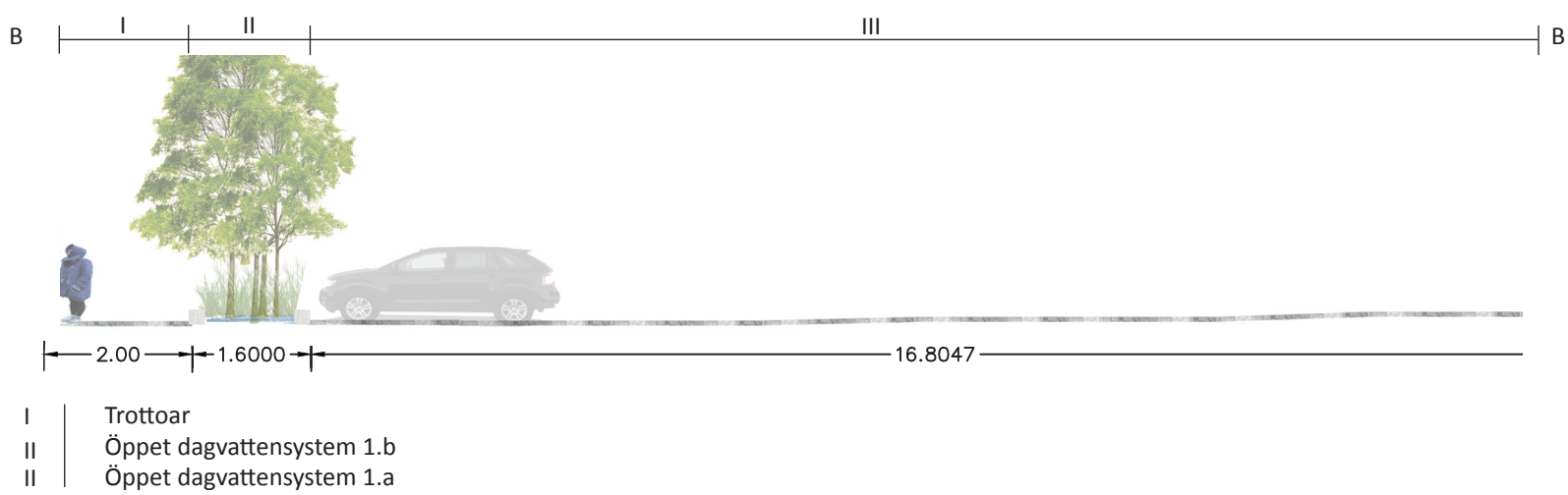
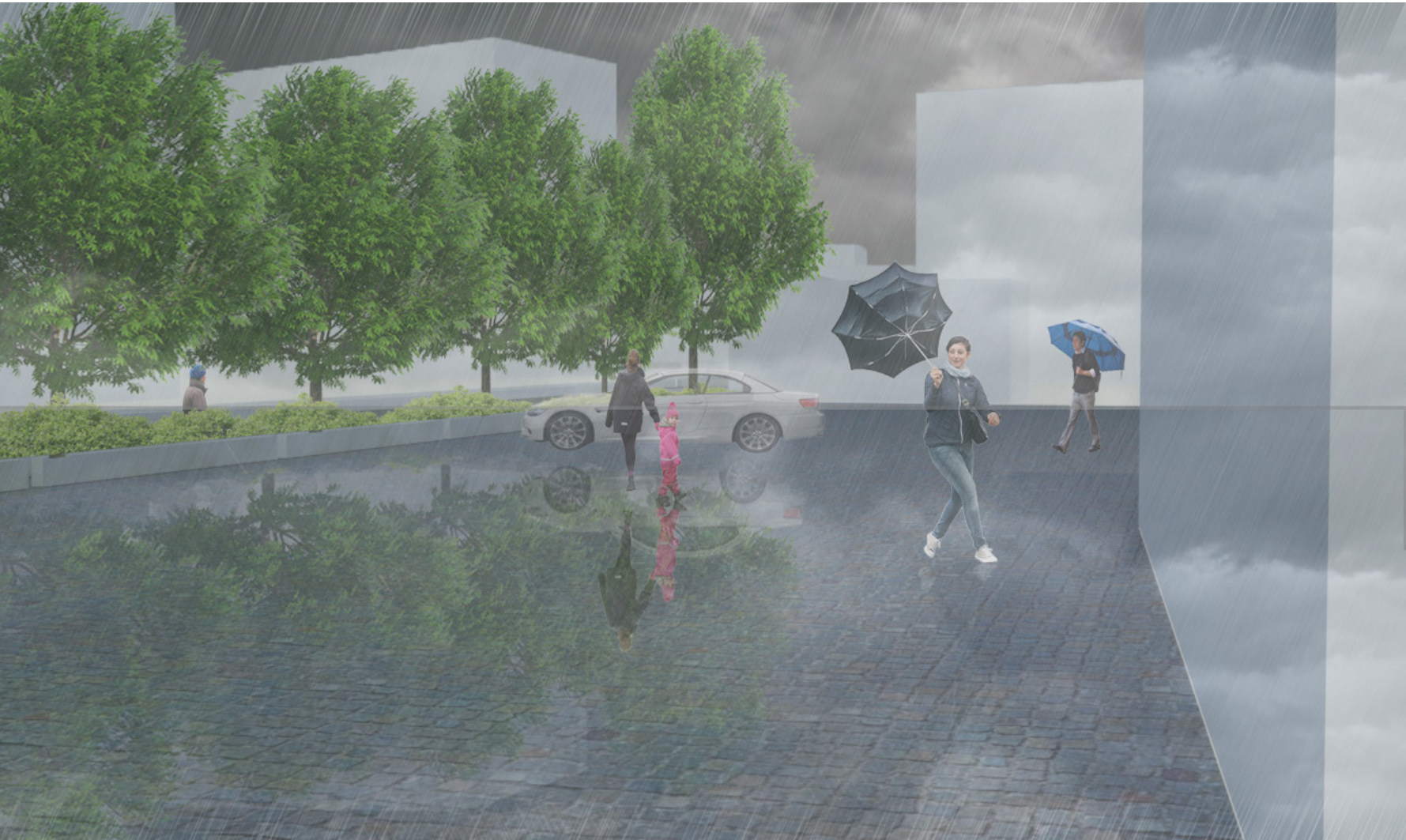
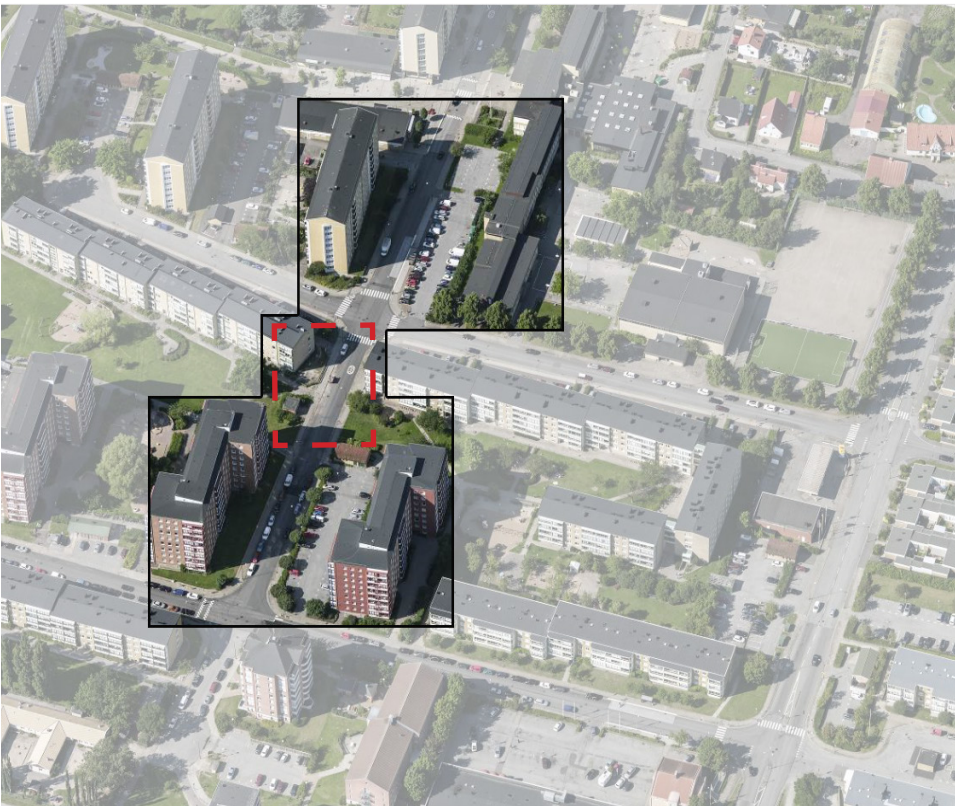


Illustration gestaltungsförslag







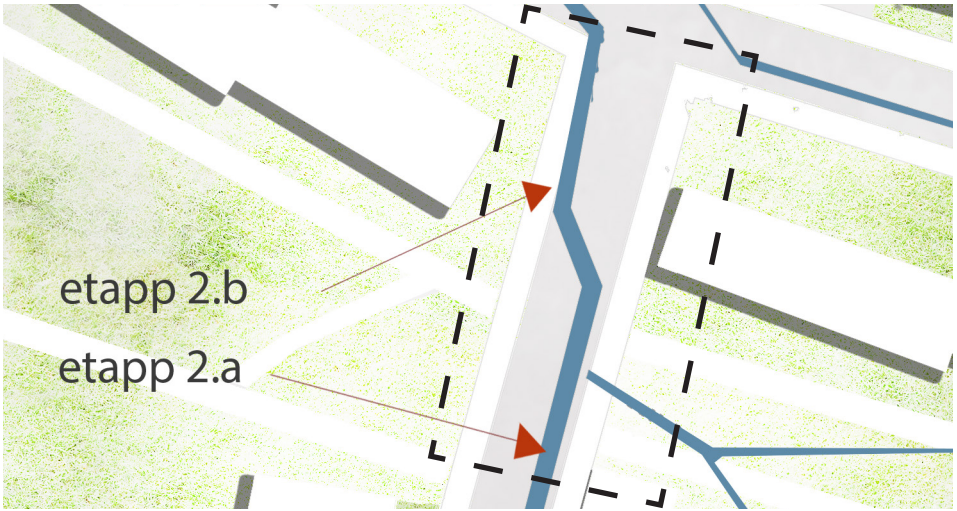
Flygfoto Arbetsområdet, kartunderlag från Malmö stadsbyggnadskontor (2017) Kartor. Malmö.Se, Bearbetad av författaren

**Strategi**  
Vattnets väg fortsätter från södra parkeringen samt från anslutande väg – Tornfalksgatan, från både väster och öster samt från den södra delen av Söderkullagatan norrut längst Söderkullagatan. Likt Stahres (2008) samt Boverkets (2010) definition av trög avrinning ska implementeringar av system ske längs identifierade flödesvägar. Etapp två knyter samman den norra och södra delen av arbetsområdet. Genom att titta på flödesvägarna i etapp två kan man se hur vattnet naturligt kryper längst med den sydöstra trottoaren för att vid slutet av vägen vika av till sydvästra trottoaren. En bit av vägen samt trottoaren tas i anspråk för en utökad trottoarkant designad likt en hybridplantering som följer flödesvägen i etappen, se etapp 2.a och 2.b.

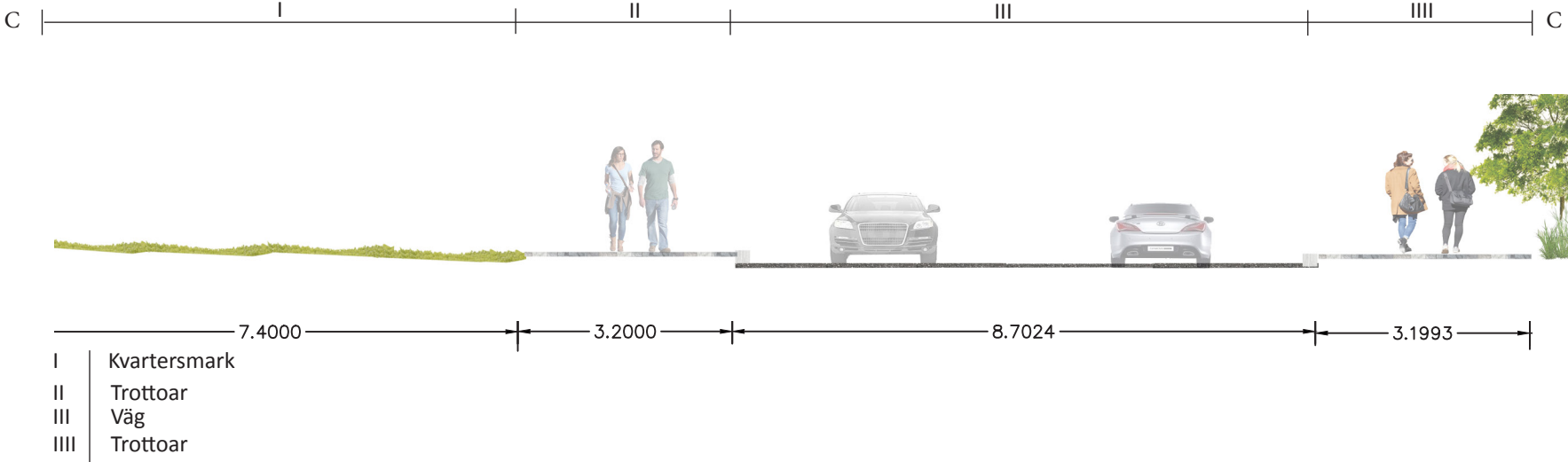
Eftersom implementeringarna kommer ske i vägmiljö var det nödvändigt att beräkna hur mycket plats som kunde tas i anspråk utan att förstöra trafikflödet. Johan Nilsson har skrivit ett Masterprojekt om (Klimatanpassning med Biofilter – utvecklingsalternativ för kvartersstadens gatumiljö 2016). I Nilssons (2016) arbete presenteras olika trösklar vid interventioner i gatumiljö . Nilsson beskriver att Malmö stad anser att 6,25m är tillräckligt för en väg med två körfält i kvartersområde och fortsätter med

att förklara att de flesta gator i kvartersområden är onödigt breda. Nilsson (2016) har med utgångspunkt i att identifiera ytor i gatumiljö som är outnyttjade betraktat ytor med parkeringsförbud som lämpliga ytor att ta i anspråk. Ytor med parkeringsförbud går ofta att finna intill korsningar. Dessa ytor är enligt Nilsson inte en del av körbanan. För trottoarer anger Malmö stads (2006) – ”Gatusektioner råd och exempel vid utformning av gatumiljöer”, att deras standard för trottoarer är 2,0 m. I systemet 2.b kommer vegetationen begränsas till mera lågväxta arter då sikten i korsningen inte får äventyras ( Loos & van Vliet 2016).

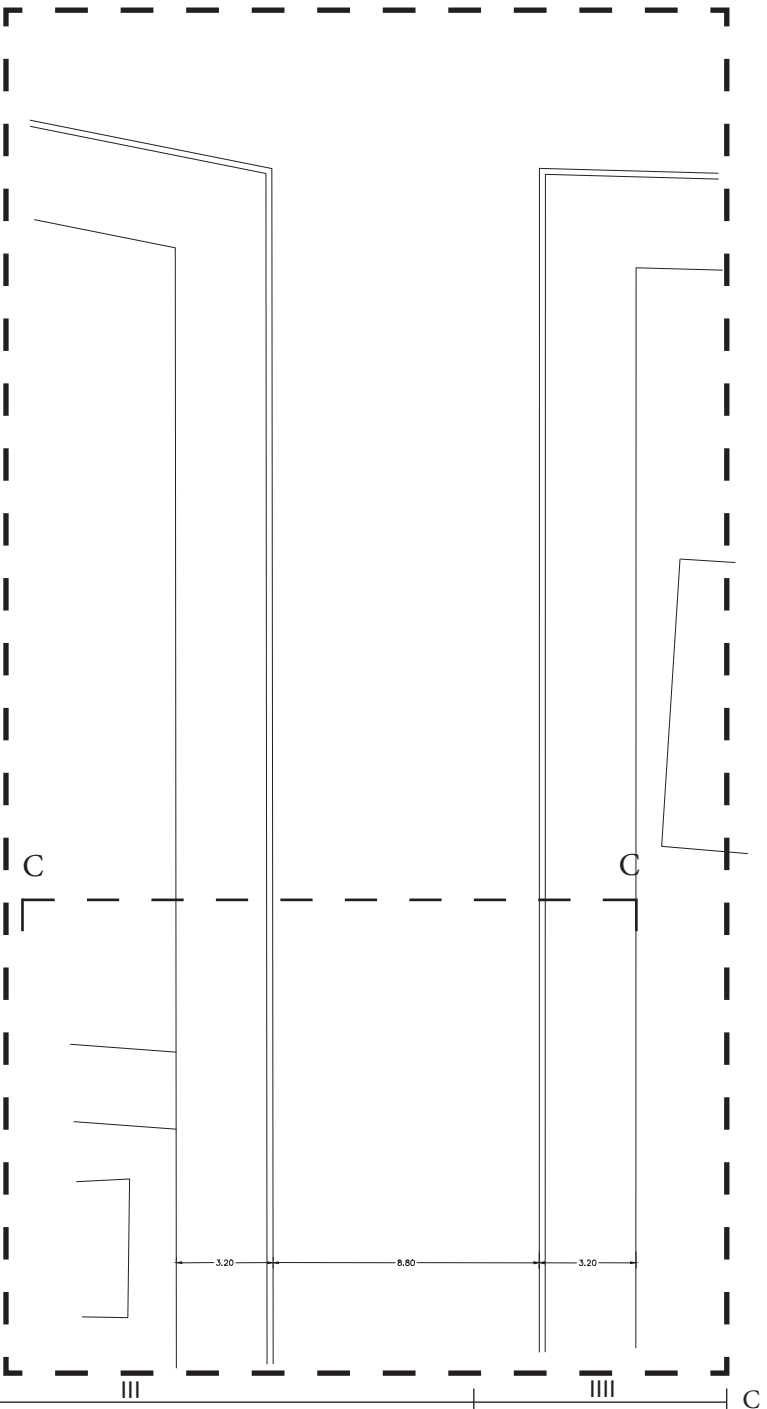
Inzoomad översiktskarta implementeringsförslag inom arbetsområdet



Sektion befintligt läge



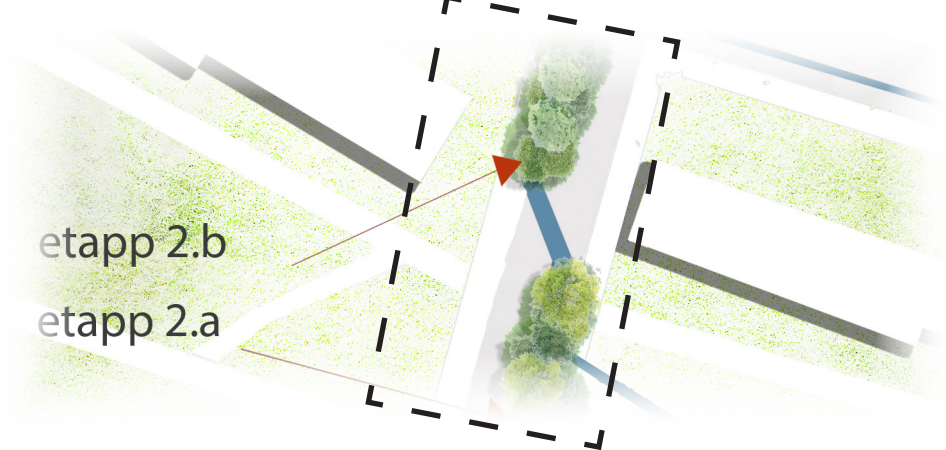
Plan befintligt läge med sektionspil



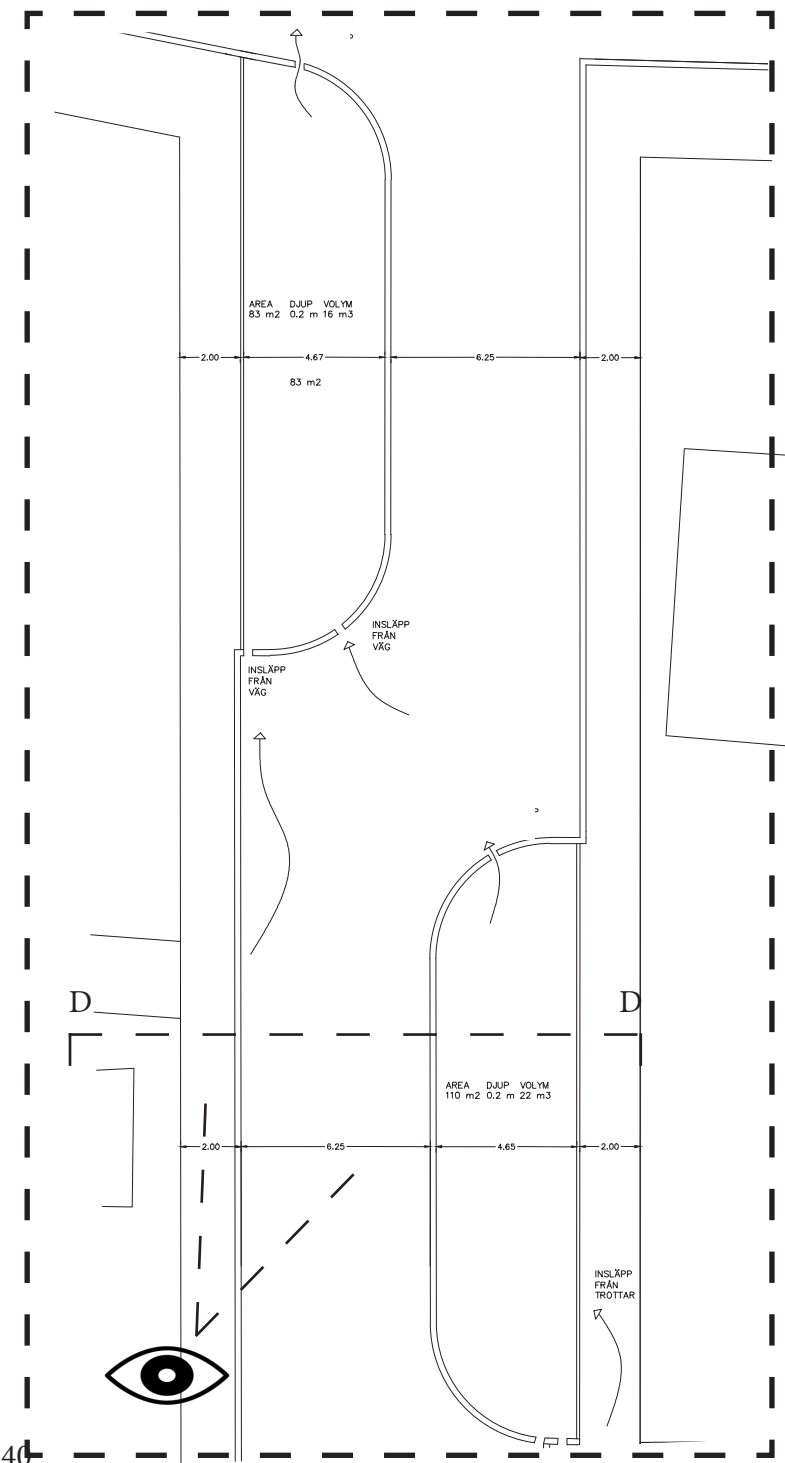


# Omgestaltning - Eapp 2 - Gestaltungsforstag

Inzoomad oversiktsskarta gestaltungsforstag inom arbetsomradet



Plan gestaltungsforstag med sektionsspil samt vy-markering for illustration



Sektion gestaltungsforstag

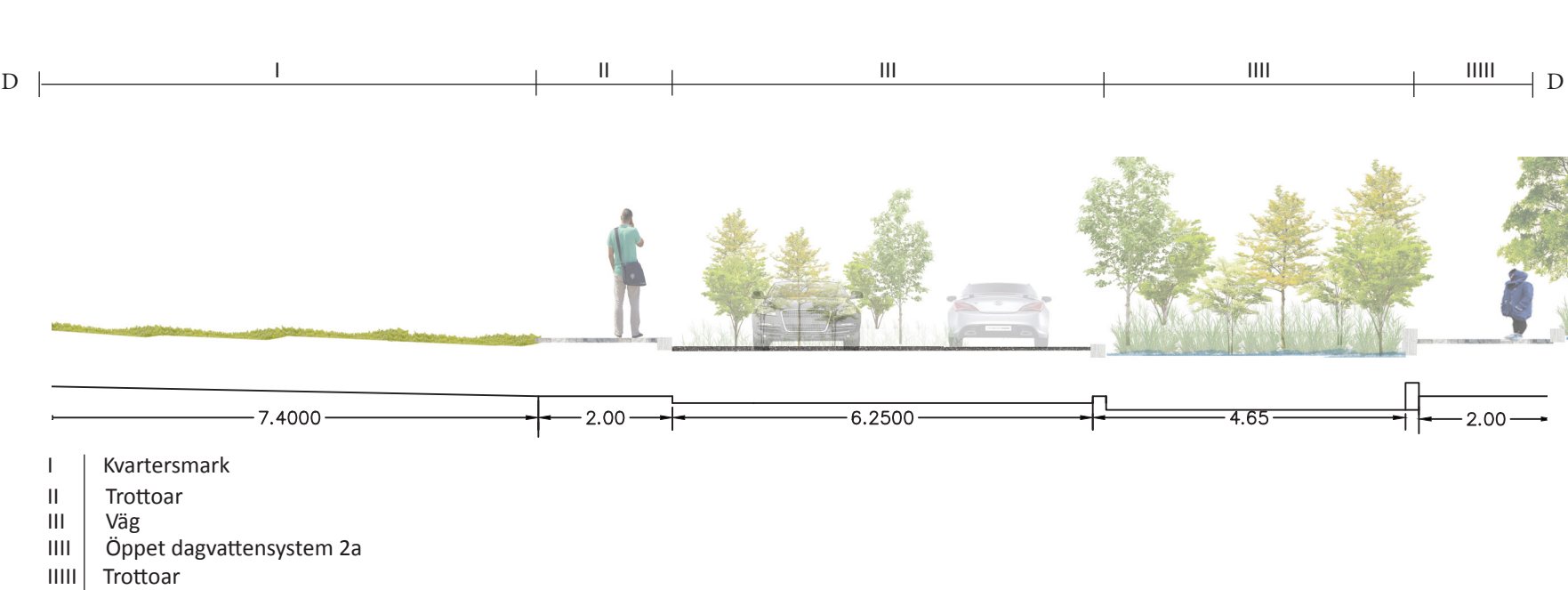
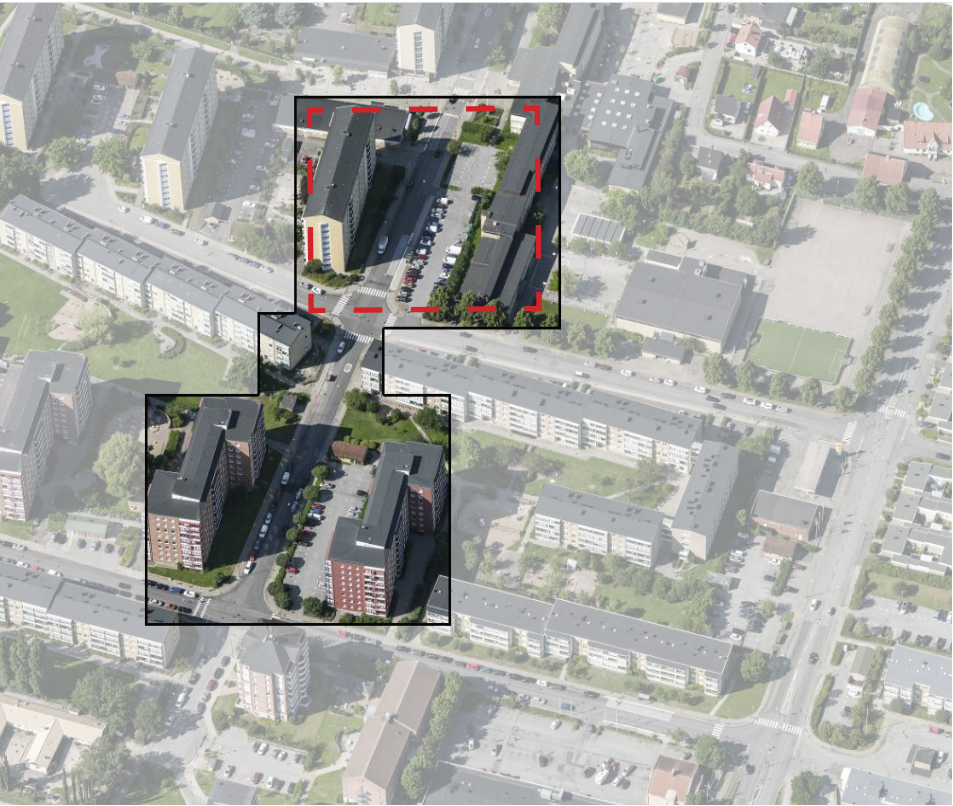


Illustration gestaltungsforstag



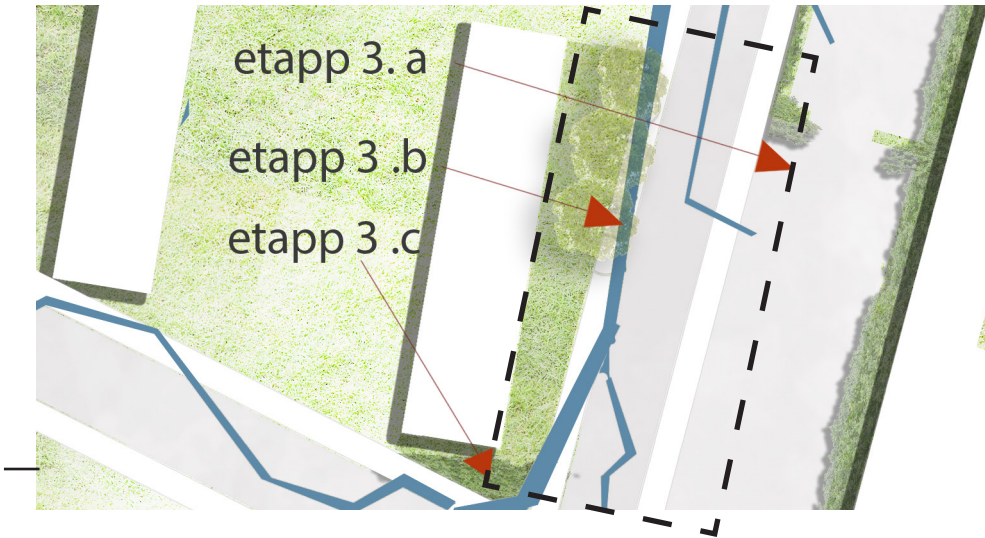




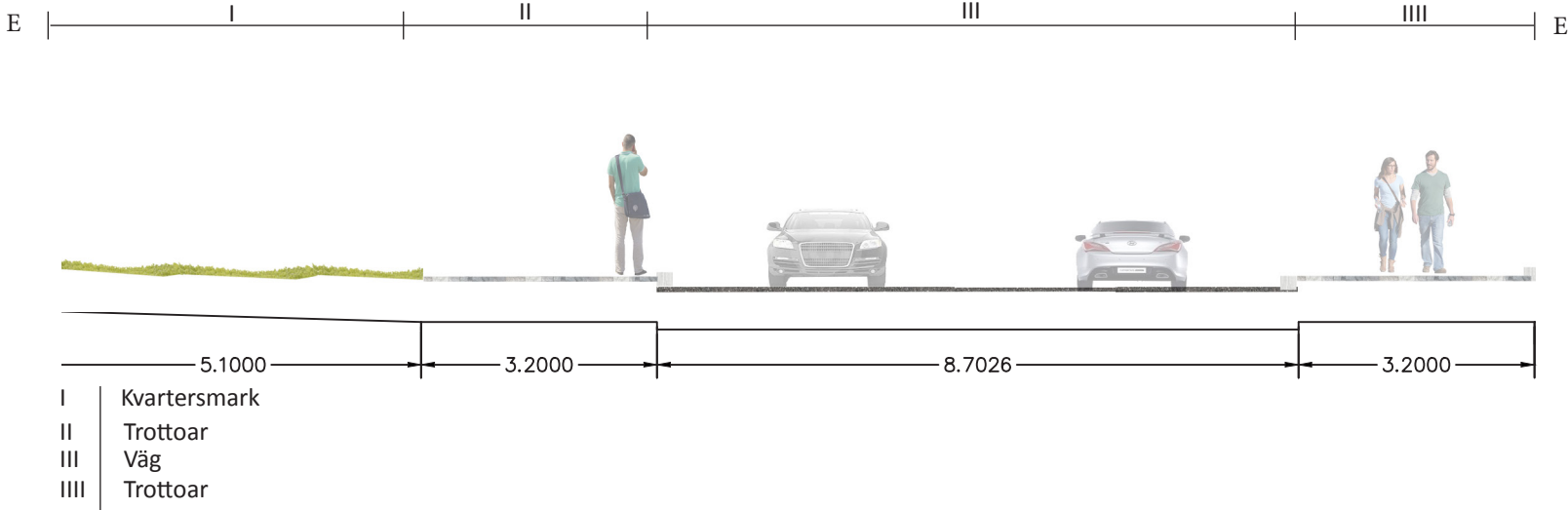
Flygfoto Arbetsområdet, kartunderlag från Malmö stadsbyggnadskontor (2017) Kartor.Malmö.Se, Bearbetad av författaren

**Strategi**  
Den norra parkeringen i etapp 3 kommer likt etapp 1 få asfalten utbytt mot ljust genomträngbart markmaterial av samma anledning. Omvandlingen från asfalt till genomträngbart markmaterial sker utan vidare påverkan på funktionen av platsen, likt etapp 1, se etapp 3.a. Väster om den norra parkeringen ska en rain garden implementeras på norra kvartersmarken, se etapp 3.b. Den ska fungera som recipient för både överskottet av vatten från norra parkeringen, och framför allt överskottet från etapp 1 och 2. Implementeringen av en rain garden på kvartersmark bör ske minst 3 meter ifrån fasaden (Dunnett & Clayden 2007). Djupet på systemet borde vara minst 15 cm och lutningen får vara max 2:1 (Rainscaping Iowa 2010). Den minsta bredden för botten på ett sådant system bör vara 60 cm. Utöver det borde målet vara att försöka göra den så bred som möjligt (Biofilters 2003). Likt omvandlingen till dagvattenplantering från befintlig vegetation i etapp 1 kommer även en liknande implementering göras i etapp 3 vid en befintliga planteringsyta i den sydligaste delen av norra kvartersmarken, se etapp 3.c.

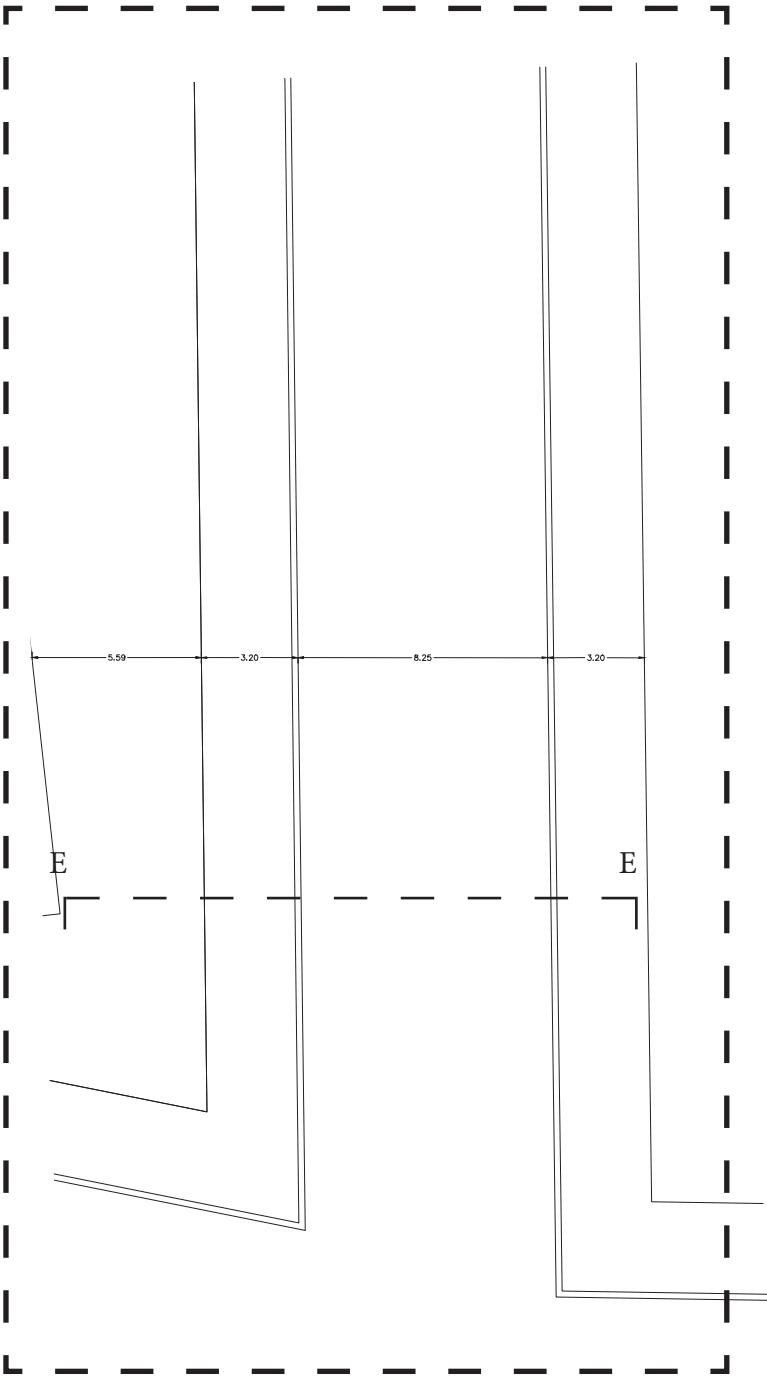
Inzoomad översiktsskarta implementeringsförslag inom arbetsområdet



Sektion befintligt läge



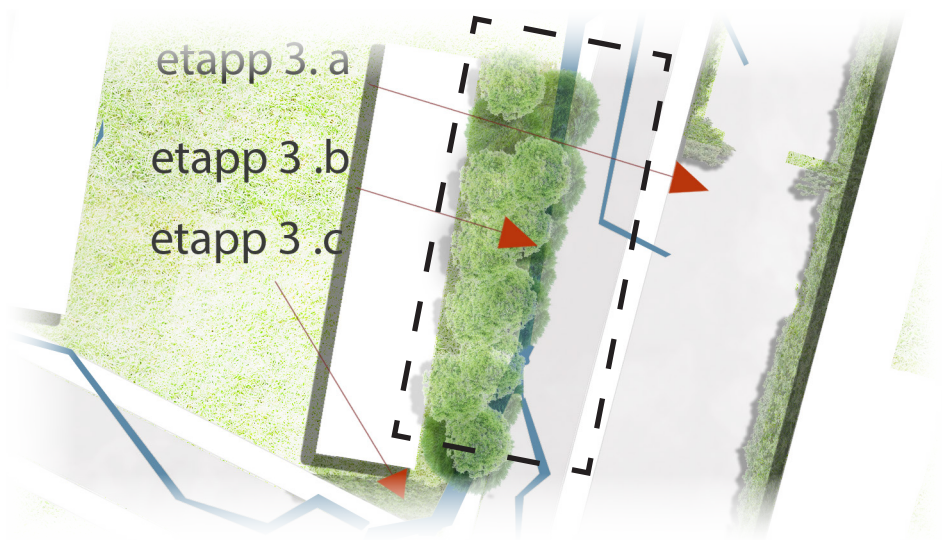
Plan befintligt läge med sektionsspil



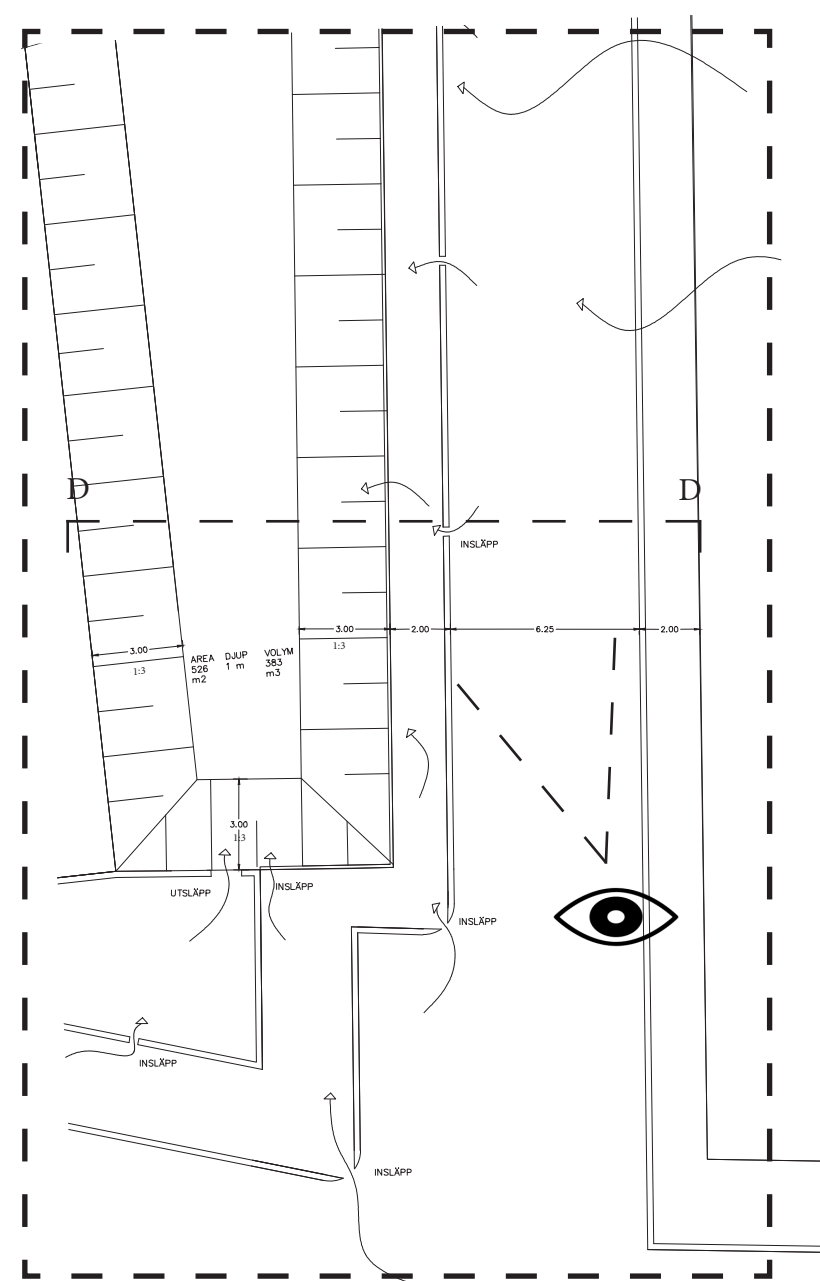


# Omgestaltning - Etapp 3 - Gestaltningsförslag

Inzoomad översiktskarta implementeringsförslag inom arbetsområdet



Plan gestaltningsförslag med sektionsspil samt vy-markering för illustration



Sektion gestaltningsförslag

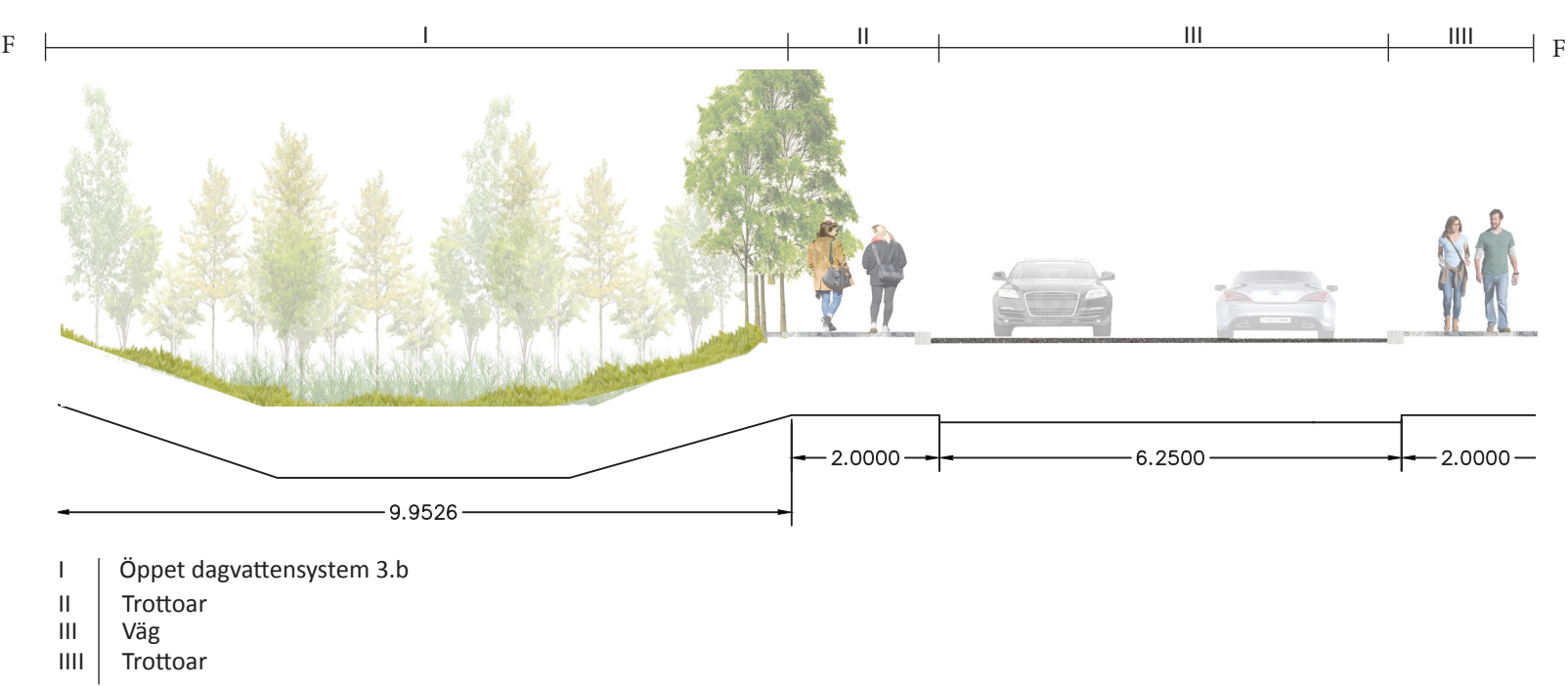
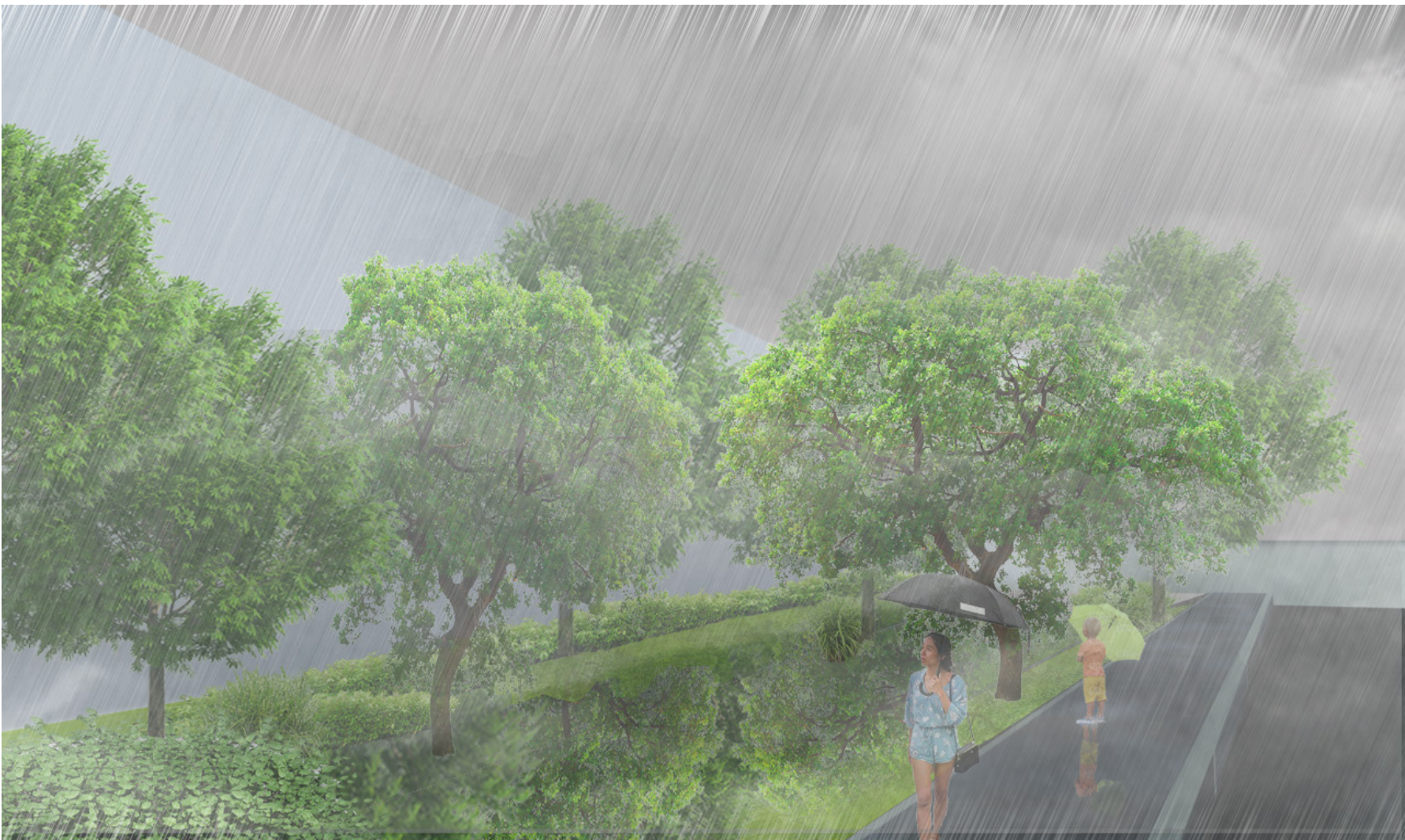


Illustration gestaltningsförslag





Eftersom avrinningsområdet runt Söderkulla är gigantiskt, gör det platsen speciell, se illustration 19. Det var en av anledningarna till platsen var särskilt lämplig för studien – den är i stort behov av förändring. Detta blir emellertid ett problem vid beräkning av effektivitet i form av fördröjning. I kursen Utformning av vatten (SLU Alnarp), ingår att räkna på den sammanlagda minsta fördröjningskapaciteten på följande sätt:

### Fördröjningskapacitet ekvation

Total area avrinningsområdet (exklusive implementeringarna) = A

Avrinningskoefficient för respektive ytbeläggning, inom totalarean = Q

Sammanvägd avrinningskoefficient ( $Q \times A$ ) = Ared Klimatfaktor (K) = 1,25

Fördröjningsvolym implementeringen = Y ( $Y \times 1000$ ) / (Ared x K) = Den sammanlagda minsta fördröjningskapacitet xx mm

Uträkningen kräver att man använder den totala arean av avrinningsyta efter det att man har korregerat med ytornas beläggning som påverkar avrinning, så kallade avrinningskoefficienter. I fallet Söderkulla skulle det betyda att fördröjningskapaciteten visar ett "falskt" lågt tal:

### Fördröjningskapacitet implementeringar

Total area avrinningsområdet (exklusive implementeringarna) = 13 000 000

Avrinningskoefficient för respektive ytbeläggning, inom totalarean = 1

Sammanvägd avrinningskoefficient ( $Q \times A$ ) = Ared 13 000 000

Klimatfaktor (K) = 1,25

Fördröjningsvolym implementeringen = ( $Y \times 1000$ ) / (Ared x K) =  $(421 \times 1000) / (13\,000\,000 \times 1,25)$   
=  $421\,000 / 16\,250\,000 = 0,025$  mm Sammanlagda minsta fördröjningskapacitet.

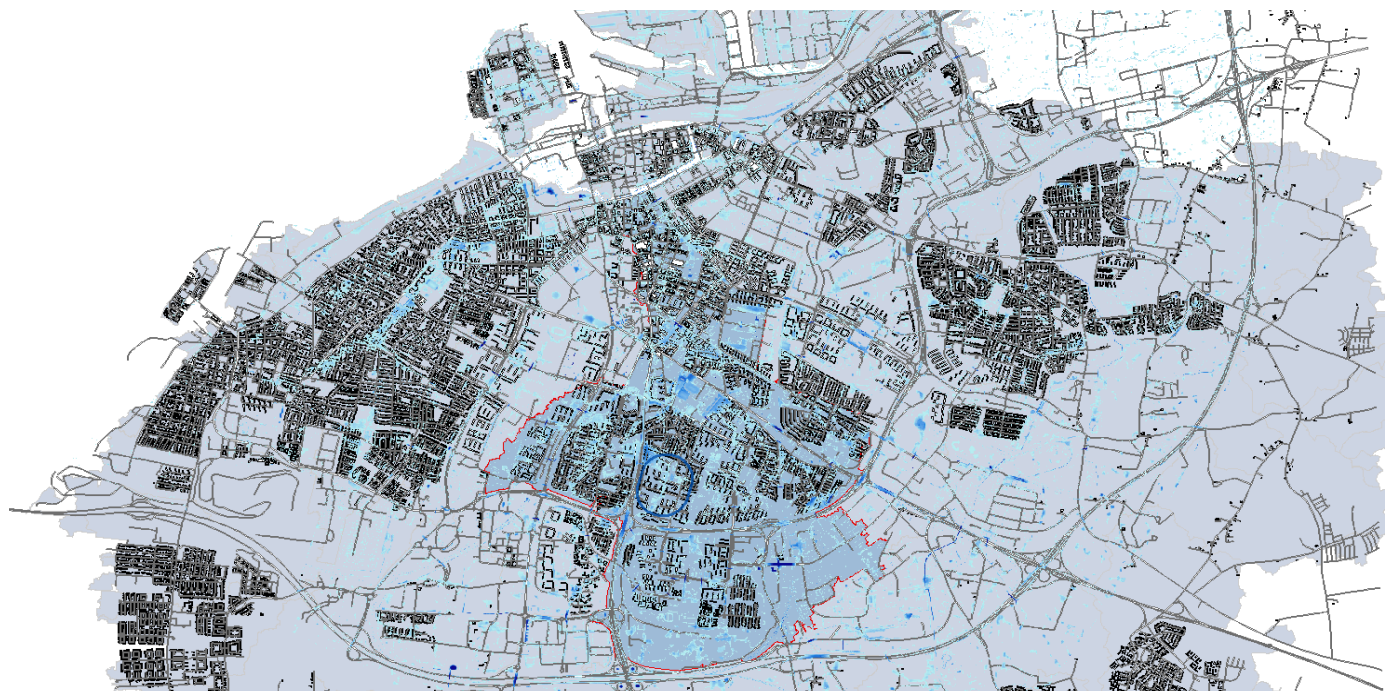


Illustration 19: Avrinningsområdet runt mitt arbetsområde. Den röda linjen markerar den yttre gränsen för mitt avrinningsområde. Den mörkblå cirkeln visar på vart mitt arbetsområde är. Framtagen av författaren med hjälp av underlag från Malmö stad

Det är inte troligt att allt vatten inom avrinningsområdet kommer passera Söderkullagatan. Det är vidare svårt att dra gränsen inom avrinningsområdet och peka på hur stor area kommer fårdas genom arbetsområdet. Ett rättvist sätt att visa på effektivitet är att räkna på volymen baklänges. Ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet ger ca 85 mm regn. Det lokala ledningsnätet på platsen bör kunna hantera ca 40 mm, och resten tas om hand om av implementeringarna, dvs 45 mm, muntlig källa Pär Svensson, Vattenstrateg, Malmö Stad.

Hanterad avrinningsyta vid 100års regn ekvation  
(Total volym i systemen) / (0,045 regn) = avrinningsyta som hanteras vid ett 100årsregn

Effekten på de införda genomsläppliga markmaterialen samt de icke nedsänkta dagvattenplanteringarna (etapp a& b) samt (etapp 3 a& c) kommer inte beräknas. Vanligtvis ska ytornas avrinningskoefficient korrigeras i förhållande till deras markbeläggning. Efter samtal med Pär Svensson kom vi överens om att justeringen av avrinningskoefficienterna inte skulle spela någon större roll vid ett 100-årsregn, då ytornas avrinningskoefficient omvandlas till 1, oberoende av markbeläggning. De kommer därför inte att tas i beaktning och kan inte heller räknas på effektivitet som system 2a&b och 3a där ett faktiskt fördröjningsdjup finns.

Hanterad avrinningsyta vid 100års regn implementeringar

$$2a = 22 \text{ m}^3 / 0,045 = 488 \text{ m}^2$$

$$2b = 16 \text{ m}^3 / 0,045 = 355 \text{ m}^2$$

$$3b = 383 \text{ m}^3 / 0,045 = 8511 \text{ m}^2$$



Gällande kostnader har Pär Svensson på Malmö stad tillhandahållit siffror som visar på grova kostnader för åtgärderna i förhållande till kr / m3 vatten. se tabell 1.

På förekommen anledning kommer jag även här endast ta fram kostnaden i förhållande till volym vatten på system 2a&b och 3b.

Åtgärd	Kr/vatten
Sänkning befintlig park	3000 kr
Höjjustering befintlig park i samband med nybyggnation	0-1500 kr
Regnbädd i befintlig gata	20 000
Regnbädd i samband med nybyggnation	5000 kr
Öppen överbyggnad, vägkonstruktion som kan magasinera vatten	1000 kr
Underjordiskt magasin i park	10 000 kr
Underjordiskt magasin i befintlig gata/torg	20 000 - 40 000 kr
Sänkning befintlig hårdgjord yta	5000 - 30 000 kr
Sänkning hårdgjord yta i samband med nybyggnation	0 - 5000 kr
Träd med skelettejord befintlig gata torg	50 000 kr

Tabell 1: Grova kostnader för åtgärderna i förhållande till kr / m3 vatten framtagen av författaren efter underlag från Pär Svensson, Vattenstrateg, Malmö Stad.

Kostnad ekvation

(Volym) x (åtgärd) = Kostnad

Kostnad implementeringar

2a = 22m3 x 20 000 = 440 000 kr (regnbädd bef. gata/torg)  
2b= 16m3 x 20 000 kr = 320 000 kr(regnbädd bef. gata/torg)  
3b =383m3 x 3000 kr = 1149 000 kr (Sänkning av bef. park)

Kostnad i förhållande Hanterade avrinningsyta vid 100års regn ekvation

(Kostnad )/ (kapacitet av yta avrinning )= kr per hanterad m2

Kostnad i förhållande Hanterade avrinningsyta vid 100års-regn implementeringar

2a = 440 000 / 488 = 901 Kr per hanterad m2  
2b = 320 000/ 355 = 901 Kr per hanterad m2  
3b = 1149 000/ 8511= 135 Kr per hanterad m2

Det är tydligt av den föreliggande studien att öppna dagvattensystem kan vara en komponent för hållbar stadsutveckling. Vidare har en mer nyanserad bild givits med hjälp av reflektioner kring gestaltningen. Gestaltning vittnar om att det är svårt att implementera system i befintlig bebyggelse. Förvaltandet av dagvatten genom öppna dagvattensystem har genom gestaltningen påvisats hur befintlig bebyggelses funktioner och förhållanden försvårat utformningen. Målet att bevara funktionen på platsen har begränsat utformningen. Många trösklar borde emellertid inte vara lika problematiska vid nybyggnation som befintliga höjder, befintlig överbyggnad, befintligt markmaterial, och framförallt befintlig funktion av ytorna på platsen. Gestaltning-

en stärker motiveringen för implementering av öppna dagvattensystem vid framtida ny exploatering, då studien visat på svårigheterna för intervention i efterhand.

Införandet av öppna dagvattensystem i befintlig bebyggelse bör styras av motivet. Är motivet primärt att hantera dagvatten med förhoppningen att tillskansa sig mervärden, bör beslutet tas med försiktighet. Resultatet av gestaltningförslaget visar att utfallet snarare blir antingen eller, se illustration 20.

Detta leder till en diskussion hurvida implementering av öppna dagvattensystem är försvarbart i befintlig bebyggelse. Erfarenheten av gestaltningen har fått mig att fundera på hurvida öppna dagvattensystem införda primärt för en effektiv dagvattenhantering kommer ske på bekostnad av utformning. Vidare kommer implementering där man prioriterar utformning ske på bekostnad av kapacitet. Ett exempel från min gestaltning är ifall en större yta av trottoarerna och vägen tagits i anspråk. En större yta hade tillåtit en mer dynamisk utformning där platsen i teorin skulle kunna användas för rekreation. Storleken hade tillåtit en mer dramaturgisk känsla av att lämna det urbana. Litteraturstudiens exempel på utformningar riktad mot rekreation är exem-

pelvis att platsen ska inneha rumslighet, kännas ordnad men komplex där destinationer inom anläggningen ska bana väg för möten samt platser att stanna upp och fascineras vid. Detta är svårt att uppnå med de begränsade ytor som tillåts när trösklar tas i beaktande. Detta hade stärkt utformningen och mervärdena på platsen men på bekostnad av funktionen för gångtrafikanterna, cyklisterna och bilisterna.

Ytterligare kan man argumentera för att litteraturstudien påvisat att mer grönska ger mer nytta än ingen, oavsett hur omfattande förändring blir är det ett steg i rätt riktning. Det tycks som att öppna dagvattensystem som införs i befintlig bebyggelse och utformas för att i första hand ta hand om dagvatten drabbas av svårigheter på

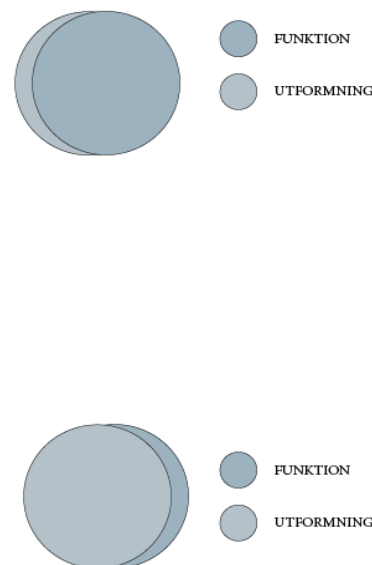


Illustration 20: Visar hur motivet påverkar utfallet

grund av tekniska förutsättningar, vilket gör det svårt att implementera grönska effektivt. Som nämnts blir de disponibla ytorna små, vilket gör det svårt att möta teorier kring hur man implementerar vegetation i urban miljö. Exempelvis har träd presenterats som en av de effektivaste gröna komponenterna i en urban kontext sett till dess ekosystemtjänster. Rimligtvis borde träd prioriteras som växtval för ett öppet dagvattensystem. Teorin föreskriver 5 m<sup>2</sup> – 10 m<sup>2</sup> per träd beroende på storlek. Ytorna där träd kan planteras är endast 2a och 3b, då 2b är lokaliserad vid en korsning vilket har påvisats skymma sikten för trafikanterna.

Den sociala aspekten är svår att resonera kring. Det är svårt att förutse vad som skulle tänkas bli-

vit sämre. Man kan resonera kring att en positiv förändring skett då platsen fått en ny identitet som en del av motståndskraften mot översvämning i staden som helhet. Innan gestaltningen var platsen en felande länk i Malmös dagvattenhantering. Detta bidrog till att staden - ur ett hållbarhetsperspektiv, inte gick i rätt riktning. Omgestaltningen ändrar riktningen.

Avsnitten Effekten av omgestaltningen samt Kostnad omgestaltning visar vikten av hur olika förutsättningar påverkar resultatet av implementeringen av ett öppet dagvattensystem. System som införs i typisk urban kontext, i detta fallet gatumiljö, utger en betydligt sämre effekt i förhållande till kostnad ( 901 kr per hanterad m<sup>2</sup>). Medan system som införs semiurban kontext, i

detta fallet kvartersmark utger en betydligt bättre effekt i förhållande till kostnad (135 kr per hanterad m<sup>2</sup>).

Liptan & Santen Jr (2017) förespråkar strategin att följa vattnets flödesväg. Utgå från höjdpunkt till lågpunkt. Stahres (2008) olika stadier av omhändertagande påpekar vikten av att interventionerna ska ske längs resan för vattnet, vilket har bekräftats av Boverket (2008). Calkins (2011) argumenterar för att använda sig av små system utportionerade på platsen. Detta är strategier som initialt känns självklara. Däremot har gestaltningen fått mig att fundera kring hur dessa cementerade tillvägagångssätt påverkar synen på öppna dagvattensystem. Följer man strategierna vid implementering av öppna dagvattensystem i

befintlig bebyggelse kommer resultatet likna min gestaltning, särskilt med tanke på att funktionen på platsen har bevarats. Dock är det oklart hur effektiva själva systemen som föreslagits är i förhållande till insatsen att implementera dem. Räknat på områdets totala avrinningsområde (13 000 000 m<sup>2</sup>) och den yta mina system klarar av att hantera vid ett 100-årsregn (9354 m<sup>2</sup>) = 0.07 % av totala avrinningsområdet kan hanteras vid ett 100 års-regn till en schablonkostnad på 1 909 000 kr. Återigen kan det vara värt att understryka att allt vatten inom avrinningsytan inte kommer att ta sig inom min arbetsområdesgräns. Det ger emellertid en fingervisning kring lokala insatsers effektivitet på en regional nivå.

Det finns en negativ trend inom stadsutveckling, där en del av den bristande utveckling kan härledas till en typisk utformning i staden där hårdgjorda ytor användes och naturlika platser bortprioriteras.

Loos & van Vliet (2016) skriver att utvecklingen lett till att städer generellt sett har problem med dagvattenhanteringen till följd av att vattnets kretslopp avbrutits. Förutom brister med tillhandahållandet av vattnet, skriver Nord et al (2009) att stadens typiska utformning även lett till en otrivsamt social miljö där rekreativa miljöer avsaknas. Detta är utfallet av en negativ stadsutveckling som påverkar den ekologiska och sociala hållbarheten till det sämre.. Enligt FORMAS (2011) och Hedenfeldt (2013) är håll-

barhetsaspekter indelade i ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. Enligt Hedenfeldt (2013) pekar hållbarhetsteorier på enhetliga lösningar. I kapitel ett stärks korrelationen där öppna dagvattensystem kan tillgodose de aspekterna teorierna grundas i.

Ekologiskt, genom att hantera dagvattnet likt naturens sätt och socialt genom att mer grönska implementeras. När de två nämnda aspekterna tillgodoses påverkar det även den ekonomiska hållbarheten (ibid.). På så sätt uppnås enhetligheten och visar hur öppna dagvattensystem bidrar till hållbarhet i staden.

Arbetet har efter Hedenfeldt (2013) presenterat en nyansering kring ordet utveckling, där ordet i sammanhanget syftar till att öppna dagvattensys-

tem ska användas som komponent för hållbarhet både vid ny exploatering samt i befintlig bebyggelse.

Det finns svårigheter att implementera system i befintlig bebyggelse som komplicerar förmågan att tillgodose aspekterna kring hållbarhet. Svårigheterna påverkar utformningen till den grad att det inte i samma omfattning bidrar till hållbarhet. Bekostnad på utformning kan exempelvis vara att ytorna som går att ta i anspråk är för små för att kunna utformas med hållbarhetsaspekterna i åtanke. Svårigheterna bör utifrån reflektioner kring gestaltungsförslaget inte finnas i samma grad vid nybyggnation.

Arbetet har visat att det finns en brist på system som effektivt kan implementeras i befintlig be-

byggelse. Detta kan utifrån reflektioner kring gestaltungsförslaget bero på att man i teorin inte differentierar mellan olika förhållande när man pratar om olika typer av öppna dagvattensystem. Arbetets centrala källor för öppna dagvattensystem, Green streetscape Design with stormwater management (2016), Sustainable Stormwater Management (2017), Urban street stormwater guide (2017), utgår ofta från att implementeringen sker utan att förhålla sig till omgivningen. Ett sådant tillvägagångssätt är lättare att arbeta med vid nybyggnation än vid införandet i befintlig bebyggelse. Vidare är detta problematiskt då det ger en skev bild av öppna dagvattensystem, då förhållandena på platsen påverkar effektiviteten såväl som utformningen, vilket konstaterats i

sammanfattningen av gestaltningsförslaget.

Kanske är detta anledningen till dissonansen mellan teorin och verkligheten, och att öppna dagvattensystem inte används i den grad som de borde. En lösning på problemet är i så fall att det bedrivs mer forskning för att hitta fler system som kan införas i befintlig bebyggelse med samma kvalité som vid nybyggnation. Essensen av egenskaperna som på ett teoretiskt plan tillkommer vid implementeringen öppna dagvattensystem ska eftersträvas. Ur ett hållbarhetssynpunkt tillåter inte de system som i dagsläget finns tillgängliga en lyckad implementering i befintlig bebyggelse. Detta trots att hållbarhetsteorierna pekar på att implementeringar i ny exploatering så väl som i befintlig bebyggelse är nödvändig för

hållbar stadsutveckling.

Besluten kring gestaltningsförslaget har varit förankrade i teorin för att kunna dra allmänna slutsatser kring resultatet, vidare anser jag att det finns fog för att understryka att resultatet påverkats av min yrkesmässiga förmåga samt avgränsningar inom arbetet.

Vidare hade det varit intressant att undersöka parallella lösningar och jämföra med det teori-orienterade gestaltningsförslaget. Vad händer när man utmanar litteraturen, och inte följer det som föreskrivs. Jag anser att mitt arbete har initierat en nyfikenhet för alternativa tillvägagångssätt. Hur skulle en lösning se ut där man istället för att införa system genom att titta på flödesvägar-

na, fråga sig – utifrån de befintliga ytorna som finns, vart vill jag att vattnet ska hamna? För att sedan se på flödesvägarna och styra dem till önskad ytan. Den önskade ytan borde vara den med mest effektiva förutsättning att senare implementera en lösning vid. Resultatet från gestaltningsförslaget visar tydligt att kvartersmark ger bäst effektivitet i förhållande till kostnad, medan vägar och trottoarer bör undvikas. Förblindad av att inte störa topografin har jag i efterhand funderat på om lösningen skulle vara mer effektiv om exempelvis parkeringarna sänktes ner endast för att skapa fördröjning. Sedan styra flödesvägarna till kvartersmarken mellan husen längs Söderkullavägen. Vattnet dirigeras genom upphöjda farthinder med släpp åt önskad riktning.

Detta skulle styra vattnet till kvartersmark, utan att påverka funktionen på platsen i någon större mån. När vattnet tagit sig till kvartersmarken kan större anläggning införas på platsen. Vidare hade upphöjda farthinder i slutet av anslutande vägar till Söderkullavägen sett till att avrinningsområdet minskat, genom att skapa fördröjning.

Det vore intressant med vidare studier titta på alternativa lösningar, där man utmanar det som förespråkas i teorin. Studien visar att det finns fog för att experimentera med öppna dagvattensystemslösningar i befintlig bebyggelse och kanske kan ett sådant arbete vara ett steg i rätt riktning.

Öppna dagvattensystem borde i så stor utsträckning som möjligt försöka implementeras vid

nybyggnation. Förutsättningarna på platser vid ny exploatering tillåter utformningar som inte bekostas på kapacitet och vise versa. Implementering vid nybyggnation kompenserar för det bristande alternativet som finns tillgängliga vid implementering i befintlig bebyggelse. Implementering vid nybyggnation samt befintlig byggnation bör långsiktigt eftersträvas då egenskaperna av ett lyckat öppet dagvattensystem kan fungera som komponent för en hållbar stadsutveckling.



# Referenser

- Biofilters (2003). *Stormwater*.  
<http://www.oregon.gov/deq/FilterPermitsDocs/biofiltersV2.pdf>  
[Hämtad 2018-03-22]
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor: Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. 1. utg, Karlskrona: Boverket.  
[https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella\\_ytor.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf)  
[Hämtad 2018-02-14]
- Calkins, M. (2011) *The Sustainable Sites Handbook : A Complete Guide to the Principles, Strategies, and Best Practices for Sustainable Landscapes*. John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken.
- Dahlström, B.(2006). *Regnintensitet i Sverige – en klimatologisk analys*. Stockholm: Svenskt vatten.
- Dunnett, N & Clayden, A.(2007). *Rain Gardens*. Portland, Oregon: Timber Press
- Folkesson, Anders. Landskapsarkitekt och lärare på SLU Alnarp. Muntliga samtal.
- Forskningsrådet FORMAS (2011) *Forskningsöversikt – hållbar stadsutveckling*  
[http://www.formas.se/PageFiles/3972/Hallbar\\_stadsutveckling.pdf](http://www.formas.se/PageFiles/3972/Hallbar_stadsutveckling.pdf) [Hämtad 2018-02-08]
- Gaston, J. K. (2010). *Urban ecology*. New York: Cambridge University Press.
- Hedenfelt E. (2013). *Hållbarhetsanalys av städer och stadsutveckling: Ett integrerat perspektiv på staden som ett socioekologiskt, komplext system*. Malmö högskola – Urbana studier. [https://muep.mau.se/bitstream/handle/2043/16687/hedenf\\_book.pdf?sequence=2](https://muep.mau.se/bitstream/handle/2043/16687/hedenf_book.pdf?sequence=2)  
[Hämtad 2018-02-08]
- Johan Nilsson (2016). *Klimatanpassning med biofilter – utvecklingsalternativ för kvartersstadens gatumiljö*. Sveriges lantbruksuniversitet. Landskapsarkitektsprogrammet ( Masterprojekt 2016) [https://stud.epsilon.slu.se/9785/1/nilsson\\_j\\_161027.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/9785/1/nilsson_j_161027.pdf)  
[Hämtad 2018-03-19]
- Kaplan, R. & Kaplan, S. (1989) *The Experience of Nature, A Psychological Perspective*. New York: Cambridge University Press.
- Kaplan, S. (2002). *Some hidden benefits of the urban forest*. i: Konijnendijk C.C. et al.
- Kaplan, S. (1995). *Toward an integrative framework*. *Journal of Environmental Psychology*
- Lidström, V. (2012) *Vårt vatten - grundläggande lärobok i vatten - och avloppsteknik*. Solna: Svenskt vatten
- Liptan, T.& J, David Santen Jr. (2017). *Sustainable Stormwater Management*. Portland, Oregon: Timber Press
- Loos, F. & van Vliet M. (2016). *Green streetscape Design with stormwater management*. Victoria, Australia: The Images publishing group
- Malmö stads (2006). *Gatusektioner råd och exempel vid utformning av gatumiljöer*  
<http://www.projektering.nu/files/Gatusektioner.pdf>  
[Hämtad 2018-03-19]
- Malmö stad (2016). *Skyfallsplan för Malmö* [ Broschyr] Malmö: Malmö Stad
- Malmö Stadsbyggnadskontor (2017). *Fotokarta 2017*. Malmö : Stadsbyggnadskontor. Copyright : Malmö Stadsbyggnadskontor: [https://kartor.malmo.se/rest/leaf/1.0/?config=../configs-1.0/malmo\\_atlas.js](https://kartor.malmo.se/rest/leaf/1.0/?config=../configs-1.0/malmo_atlas.js)  
[Hämtad 2018-04-18]
- Melbourne Water (2013).*Swales*.  
<https://www.melbournewater.com.au/sites/default/files/Swale.pdf>  
[Hämtad 2018-03-22]
- MSB (2013) *Pluviala översvämningar - Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (MSB 567-13).  
<https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26609.pdf>  
[Hämtad 2018-02-01]
- Nord, H. Hartig, T. Hagerhall, C.M. Fry G, (2009). *Components of small urban parks that predict the possibility for restoration*
- NACTO ( National association of city transportation officials). (2017). *Urban street stormwater guide*. New york: Island Press.
- Rainscaping Iowa (2010). *Raingardens*.  
[http://www.iowastormwater.org/documents/filelibrary/files/infiltration\\_bmps/Rainscaping-RaingardenHQ\\_DF5154D8FD8C6.pdf](http://www.iowastormwater.org/documents/filelibrary/files/infiltration_bmps/Rainscaping-RaingardenHQ_DF5154D8FD8C6.pdf)  
[Hämtad 2018-03-21]
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2015). *Träd i urbana landskap*. Lund: Studentlitteratur AB
- Slaney, S. (2016). *Stormwater management for sustainable urban environment*. Victoria, Australia: The Images publishing group
- SMHI (2015) *Kunskapsbanken: Hydrologiska begrepp*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologiska-begrepp-1.29125>  
[Hämtad 2018-03-26]
- SMHI (2017). *Kunskapsbanken: Hydrologi* .  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattnets-kretslopp-forenar-hydrologi-meteorologi-och-oceanografi-1.20615>  
[Hämtad 2018-01-19]
- SMHI (2018). *Kunskapsbanken: Återkomsttider*.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/aterkomsttider-1.89085>  
[Hämtad 2018-02-07]
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – Planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.

# Referenser

---

Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden*. Malmö: VA SYD.  
<http://greenroof.se/gr-16/wp-content/uploads/2017/04/BlueGreenFingerprintsPeterStahrewebb.pdf>  
[Hämtad 2018-01-24]

Stormwater Solutions Handbook. (2004).  
<https://nacto.org/wp-content/uploads/2012/06/City-of-Portland-Bureau-of-Environmental-Services.-2004.Stormwater-Solutions-Handbook..pdf>  
[Hämtad 2018-01-24]

Svenskt Vatten (2007) *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem: underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. 1. utg. (2007). Stockholm: Svenskt Vatten  
<http://www.svensktvatten.se/globalassets/dricksvatten/ravatten/m134.pdf>  
[Hämtad 2018-01-30]

Svenskt vatten (2011). *Hållbar dag-och dränvattenhantering - Råd vid planering och utformning*. Solna: Svenskt vatten

Svensson, Pär. Vattenstrateg Malmö stad . Över mejl.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (2001). *Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. (red. J.T. Houghton et al.), Cambridge University Press. i: Dahlström, B.(2006).

Trafikverkets (2004) *Vägars och gators utformning sektion tätort – gaturum*  
[https://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga\\_och\\_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument\\_vag\\_och\\_gatuutformning/Vagar\\_och\\_gators\\_utformning/Sektion\\_tatort-gaturum/sektion\\_tatort\\_gaturum.pdf](https://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Sektion_tatort-gaturum/sektion_tatort_gaturum.pdf)  
[Hämtad 2018-03-19]

Trafikverkets (2015) *Råd för Vägars och gators utformning*  
[https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12072/RelatedFiles/2015\\_087\\_VGU\\_rad\\_for\\_vagars\\_och\\_gators\\_utformning.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12072/RelatedFiles/2015_087_VGU_rad_for_vagars_och_gators_utformning.pdf)  
[Hämtad 2018-03-19]

Ulrich, R. (1983). *Aesthetic and affective response to natural environment*. i: Behavior and the Natural Environment. Red. Altman, I. & Wohlwill J. F. New York, Plenum Press.

Venhaus, H. (2012.) *Designing the Sustainable Site: Integrated Design Strategies for Small-Scale Sites & Residential Landscapes*. Wiley & Sons, Inc.

Wille Helmbold (2016). *Grön-blå gator – En undersökande studie över möjligheterna att använda regnbäddar i gatumiljöer - med utgångspunkt i ett gestaltningsförslag för Vasagatan i Kristianstad*. Sveriges lantbruksuniversitet. Landskapsarkitektsprogrammet ( Masterprojekt 2016)  
[https://stud.epsilon.slu.se/9823/1/helmbold\\_w\\_16111.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/9823/1/helmbold_w_16111.pdf)  
[Hämtad 2018-03-20]